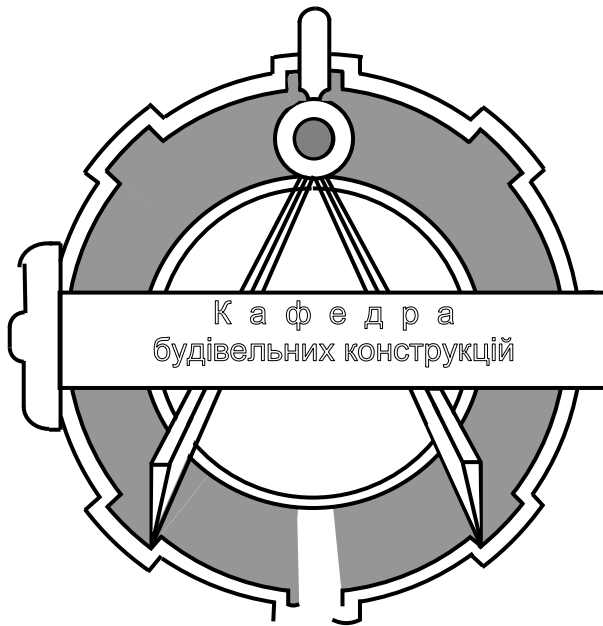


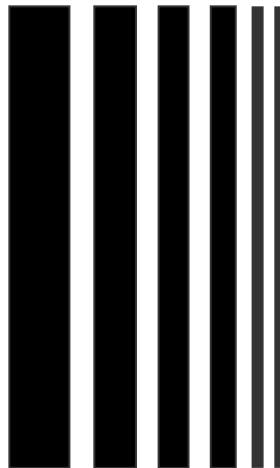
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ



КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ



ДЛЯ СТУДЕНТІВ УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

122 "КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ" ТА

123 "КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ"

З КУРСУ "КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА"

Тернопіль
2019

УДК 681.3
К63

Укладач:

Скиба О.П., канд. техн. наук, доцент.

Рецензенти:

Лупенко С.А., докт. техн. наук, професор;

Мацюк О.В., канд. техн. наук, доцент.

Методичний посібник розглянуто й затверджено на засіданні методичного семінару кафедри будівельних конструкцій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 9 від 08 травня 2018 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету по інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 1 від 31 серпня 2018 р.

Комп'ютерна графіка : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки» та 123 «Комп'ютерна інженерія» з курсу «Комп'ютерна графіка» / Укладач: Скиба О.П. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 88 с.

УДК 681.3

Конспект лекцій “Комп'ютерна графіка” для вивчення курсу “Комп'ютерна графіка” допоможуть студентам у виробленні умінь створювати графічну документацію і розв'язувати прикладні дизайнерські задачі із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Призначено для студентів стаціонарної та заочної форм навчання спеціальностей 122 “Комп'ютерні науки” та 123 “Комп'ютерна інженерія”, які згідно з навчальними планами вивчають дисципліну “Комп'ютерна графіка”.

Об'єм конспекту – 55 сторінок, 25 рисунків.

Використано 3 літературних джерела.

Відповідальна за випуск: *канд. техн. наук, доцент Скиба О.П.*

© Скиба О.П., 2019

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019

ТЕМА 1. ВИДИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Растрова та векторна графіка

Вступ

Важливим розділом двовимірного та тривимірного моделювання є формування об'єкта засобами комп'ютерної графіки (КГ). Перш за все КГ ефективна при автоматизації трудомістких креслярських та конструкторських робіт. Комп'ютерна графіка успішно використовується при виконанні робочих креслень об'єктів машинобудування, будівництва та архітектури.

Комп'ютерна графіка, нарешті, широко впроваджується в сучасне мистецтво, дизайн та рекламу, особливо, якщо взяти до уваги, що зараз одержувати високоякісні зображення в різних проекційних системах з використанням кольору, світлотіні і, навіть, фактури поверхні.

Однією з основних підсистем САПР, що забезпечує комплексне виконання проектних робіт на основі ЕОМ є комп'ютерна графіка (КГ). Отже що таке комп'ютерна графіка як дисципліна.

Комп'ютерною графікою називають наукову дисципліну, яка розробляє сукупність засобів та прийомів автоматизації кодування, й декодування графічної інформації.

Іншими словами, комп'ютерна графіка розробляє сукупність технічних програмних, інформаційних засобів і методів зв'язку користувача з ЕОМ на рівні зорових образів для розв'язання різноманітних задач при виконанні конструкторської та технологічної підготовки виробництва.

Упродовж останнього двадцятиріччя ведеться інтенсивний пошук шляхів та способів розв'язання проблеми різкого підвищення продуктивності інженерної праці під час виконання креслярсько-графічних робіт конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Це спричинено потребою ліквідувати розрив, який утворився МІЖ відносно високою продуктивністю автоматизованого процесу основного виробництва та низькою продуктивністю ручного чи механізованого процесу конструкторської й технічної підготовки виробництва.

Вивчення комп'ютерної графіки зумовлене:

- широким впровадженням системи комп'ютерної графіки для забезпечення систем автоматизованого проектування, автоматизованих систем конструювання (АСК) та автоматизованих систем технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) в усіх сферах інженерної діяльності;

- значним обсягом перероблюваної геометричної інформації, що становить 60...80% загального обсягу інформації, необхідної для проектування, конструювання та виробництва літаків, кораблів, автомобілів, складних архітектурних споруд тощо;

- необхідністю автоматизації виконання численних креслярсько-графічних робіт;

- необхідністю підвищення продуктивності та якості інженерної праці.

Метою комп'ютерної графіки є підвищення продуктивності праці та якості проектів, зниження вартості проектних робіт, скорочення термінів виконання їх.

Завданням комп'ютерної графіки є звільнення людини від виконання трудомістких графічних операцій, які можна формалізувати, вироблення оптимальних рішень, забезпечення природного зв'язку людини з ЕОМ на рівні графічних зображень.

Для чого нам вивчати комп'ютерну графіку?

Навіть поверхневий аналіз усього однієї з областей людської діяльності (а саме – розробки засобів і форм взаємодії людини і комп'ютерних програм) дозволяє з повною впевненістю стверджувати: найбільш ефективним і зручним для сприйняття видом інформації була, є і в найближчому майбутньому буде інформація графічна. Той факт, що по-справжньому широке впровадження комп'ютерів у професійну діяльність фахівців, які не вважають себе «комп'ютерщиками», стало можливо тільки після фактичної уніфікації графічного інтерфейсу, заперечити дуже важко. Причина проста, і вона ховається в особливостях людської психіки і фізіології. В силу цих особливостей побачені зображення дуже швидко аналізуються, ментально асоціюються з накопиченими протягом всього життя образами і розпізнаються. Швидкість такого розпізнавання та асоціювання набагато вище, ніж при аналізі інформації, що надходить, наприклад, по слуховому інформаційному каналу. І кількість асоціацій, що викликаються зображеннями, набагато більша – досить згадати всім відому дитячу гру, в якій учасники намагаються визначити, на що схожа те чи інше хмаринка. Ні зі звуками, ні з відчуттями на дотик так не грають. Через це один рекламний плакат із зображенням, легко викликає потрібні асоціації (іноді навіть підсвідомі!), Впливає на глядача сильніше, ніж багато рядків оголошення (які глядача ще треба якось змусити прочитати або послухати!).

Будь-які обсяги інформації людина краще засвоює, коли вона надходить через канал зору – згадайте, адже і вам в дитинстві більше подобалися книжки з картинками. Великі обсяги інформації іноді просто неможливо сприйняти в інших формах – порівняйте таблицю, в якій зазначено курс акцій якоїсь компанії по днях року, з побудованим на її основі графіком. За графіком тенденції зміни курсу видні ментально, а щоб вловити їх з таблиці, потрібен час і навик.

Тому частка графічних даних у професійній діяльності будь-якого роду неухильно зростає. Отже, потрібні і засоби для роботи з зображеннями, і фахівці, які вміють грамотно працювати з цими засобами. Попит завжди породжує пропозицію, і сьогодні ринок програмних засобів, призначених для автоматизації роботи з графічними зображеннями, дуже широкий і різноманітний.

Стисла характеристика базових класів та галузей систем комп'ютерної графіки

Використання комп'ютерної графіки

Комп'ютерна графіка використовується в різних галузях діяльності людини: промисловості, науці, мистецтві, телебаченні, журналістиці, видавництві, економіці, медицині, державних установах, навчальних закладах. Перелік її використання широкий та продовжує швидко зростати в міру того, як стають більш доступними та потужнішими персональні комп'ютери.

На сьогоднішній день можна виділити чотири основні базові класи комп'ютерної графіки (рис.1):

- інженерна;
- ділова;
- наукова;
- ілюстративна.

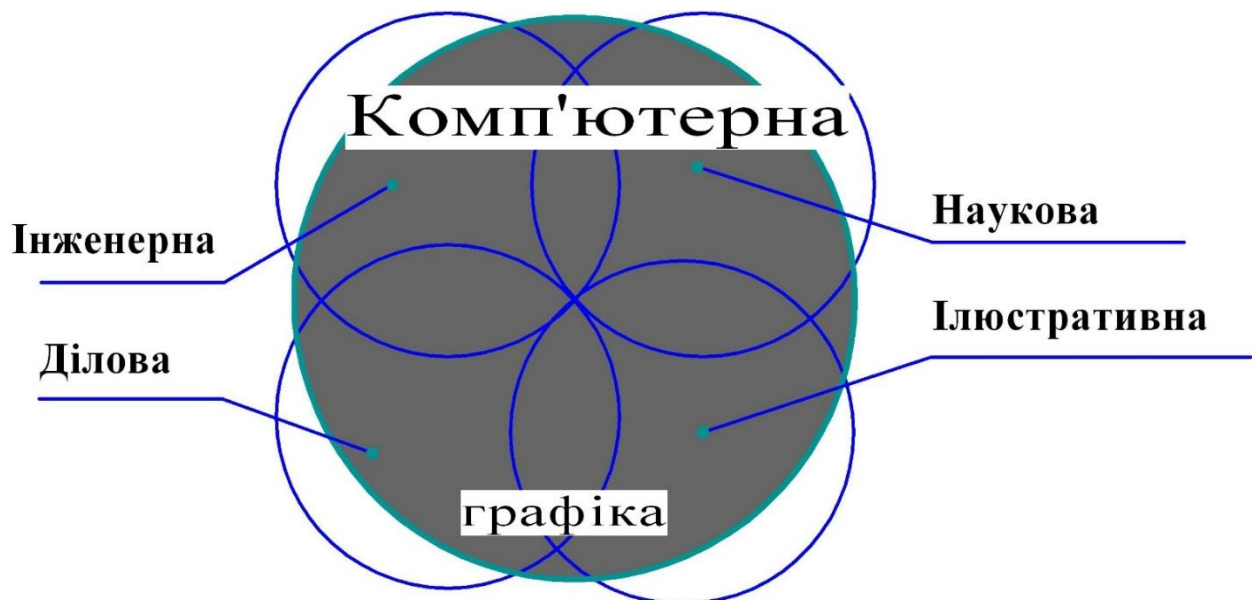


Рис. 1

Але дуже багато галузей застосування комп'ютерної графіки або лежать на стику цих основних, або до них не входять, тому такий поділ є досить умовним і не є її класифікацією (таблиця 1).

Стисла характеристика базових класів та галузей систем
комп'ютерної графіки

Найменування та основне призначення базових класів систем комп'ютерної графіки	Типові приклади систем вказаного класу
<p>1. <i>Інженерна комп'ютерна графіка.</i> Призначена для автоматизації креслярсько-графічних та конструкторських робіт у процесі проектування компонентів та систем механічних, електричних, електромеханічних, електронних та радіоелектронних пристроїв, у будівництві та архітектурі. Надають можливість виконувати у реальному часі каркасне та твердотільне 3D-моделювання, морфінг, анімацію та реалістичну візуалізацію.</p> <p>Дозволяють: передати комп'ютеру більшу частину рутинної роботи з проектування та вивільнити за рахунок цього час інженера-конструктора для творчої діяльності: суттєво підвищують якість результатів проектування. Перспективним напрямком подальшого підвищення продуктивності систем інженерної комп'ютерної графіки є їх функціонування у складі інтелектуальних САПР у мережі Internet.</p>	<p>AutoCAD, ProEngineer, КОМПІАС, Mapguide Author, bCAD, Engineering Geometry Assistant, VariCAD, Femap, Solid Pipe Designer, ArchiCAD, Arc View, 3D Home Architect Deluxe, ALLPian, P-CAD, OrCAD, Electronics Workbench, Micro Cap, ArCon, Solid Edge</p>
<p>2. <i>Ділова комп'ютерна графіка.</i> - Призначені для наочного графічного відображення даних, які зберігаються у електронних таблицях і базах даних, переважно для сфер бізнесу, маркетингу, управління підприємствами, економічних розрахунків тощо.</p> <p>Дозволяють наочно відображати співвідношення різних чисельних показників у зручній для сприйняття формі у вигляді істатичних та динамічних, двовимірних та тривимірних графіків, схем, діаграм.</p>	<p>Excel, QuattroPro, Lotus 1-2-3, SuperCalc, FoxGraph, Boeing Graph, PowerPoint, Word, Лексикон-XL</p>

<p><i>3. Наукова комп'ютерна графіка.</i> Призначені для: - наочної візуалізації результатів наукових експериментів, автоматизованого проектування наукових та науково-технічних задач; формування наукової документації із застосуванням спеціальної нотації (математичних та хімічних формул тощо) - дослідження географічних, геологічних, гідрологічних, сейсмологічних, екологічних, метеорологічних, астрономічних та інших природних об'єктів, процесів та явищ, нафтогазових розвідки та видобування, комп'ютерної картографії; медичного діагностування тощо</p>	<p>MathCAD, Mathematica. MathLAB, SPSS, Maple. Stata, Axum, NCSS, S-Plus, Stat Graphics, GraphLT, Super Graph, GS Didger, GS Surfer, GS Grapher</p>
<p><i>4. Ілюстративна комп'ютерна графіка</i> Призначені для створення та художньої обробки комп'ютерних зображень, які відіграють роль: 1) ілюстративного матеріалу - ілюстрацій до друкованих та електронних видань (малюнків, фотографій, ескізів, умовних схем, географічних карт, відео матеріалів, мультимедіа-матеріалів, Web-матеріалів тощо); 2) дизайнерських розробок; 3) рекламного оздоблення; 4) витворів мистецтва. Дозволяють формувати та перетворювати графічні об'єкти настільки ж легко, як масиви чисел або тексти</p>	<p>Illustrator, CorelDraw7, Photoshop. Painter, 3D Studio MAX, Maya, Bryce3D, Face Works Studio Poser, PowerPoint, Hyper Method Director, Image Ready, FreeHand, Premiere, PageMaker. Ventura, QuarkXPress.</p>

Розглянемо типові випадки використання комп'ютерної графіки.

Картографія

Комп'ютерна графіка використовується для представлення географічних та природних явищ з подальшим точним відтворенням їх на папері чи плівці. Найбільшого поширення цей аспект комп'ютерної графіки отримав при створенні географічних та рельєфних карт, карт погоди та ізоліній, карт для розвідки нафти та газу чи карт щільності населення (рис. 2).

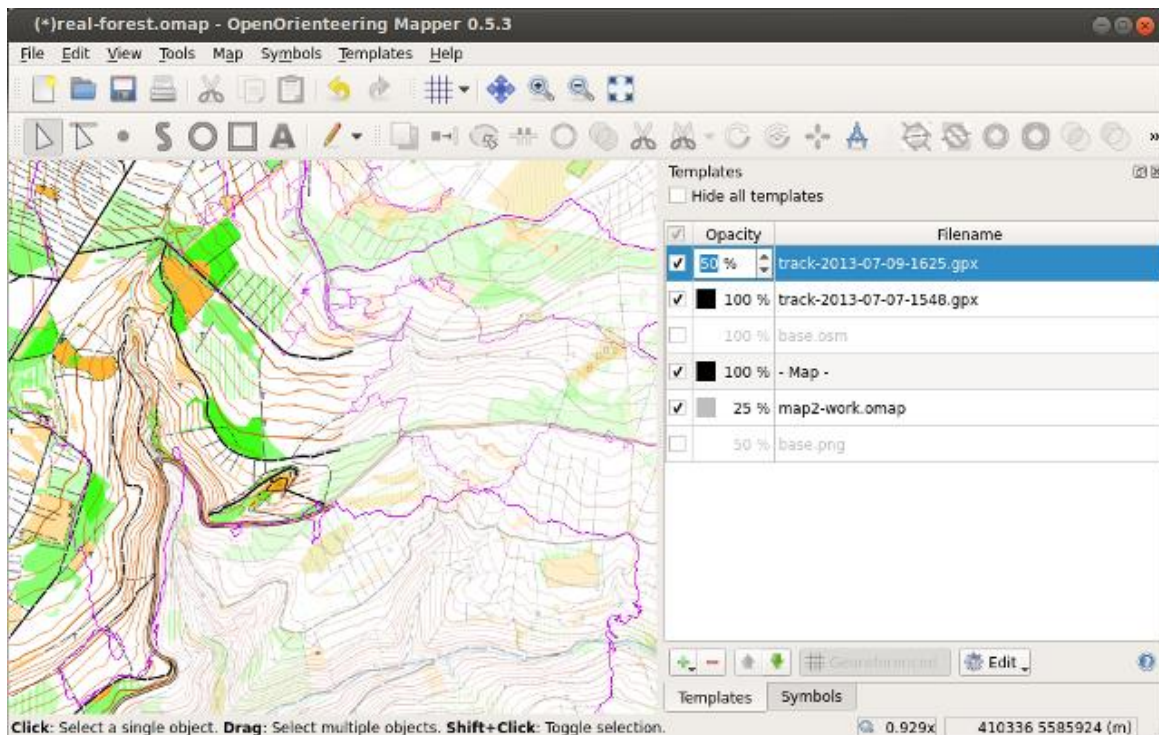


Рис. 2

В системах автоматизованого проектування (САПР) комп'ютерна графіка використовується для проектування систем механічних, електричних, електромеханічних та електронних пристроїв та їх складових. До таких систем відносяться: складні комплекси та структури (споруди, енергетичні установки, кузов автомобілів, фюзеляж літаків, корпуси кораблів та їх внутрішні частини), електричні схеми, телефонні мережі та мережі ЕОМ (рис. 3).

Кінцевою метою автоматизованого проектування є випуск креслень деталей, вузлів та складальних креслень. Значна увага приділяється інтерактивній роботі з моделлю системи або її компонентів.

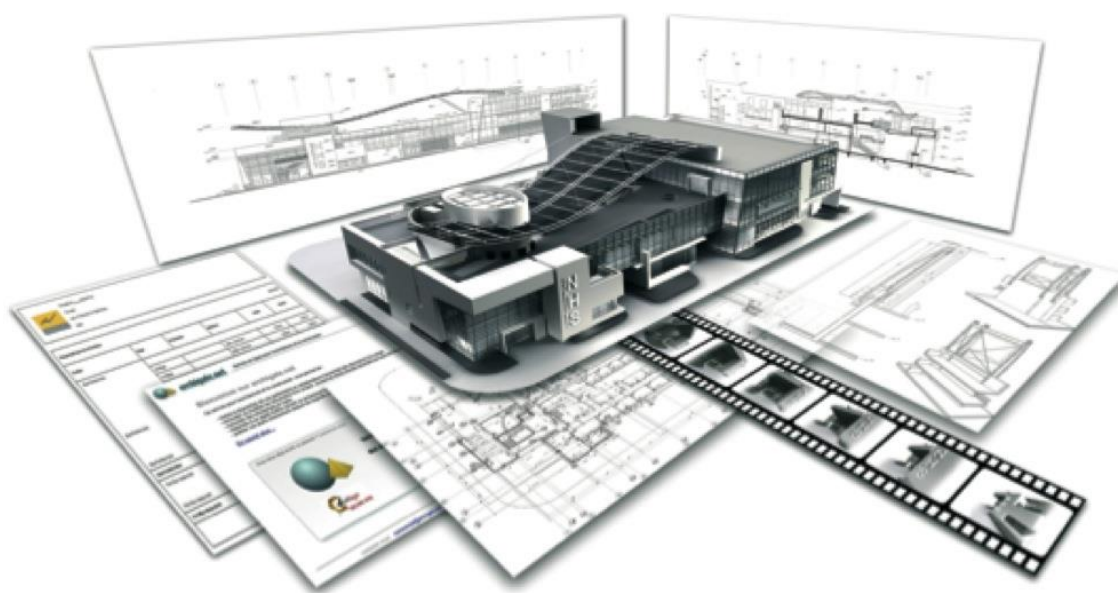


Рис. 3

Математична модель, яка знаходиться в комп'ютері, перевіряє механічні, електричні чи теплові властивості системи. Математична модель інтерпретується моделюючою програмою, яка періодично видає інформацію про поведінку системи в різних умовах. Після завершення процесу проектування об'єкту, додаткові програми проводять обробку проектної бази даних з метою підготовки комплекту конструкторської та технологічної документації (рис. 4).

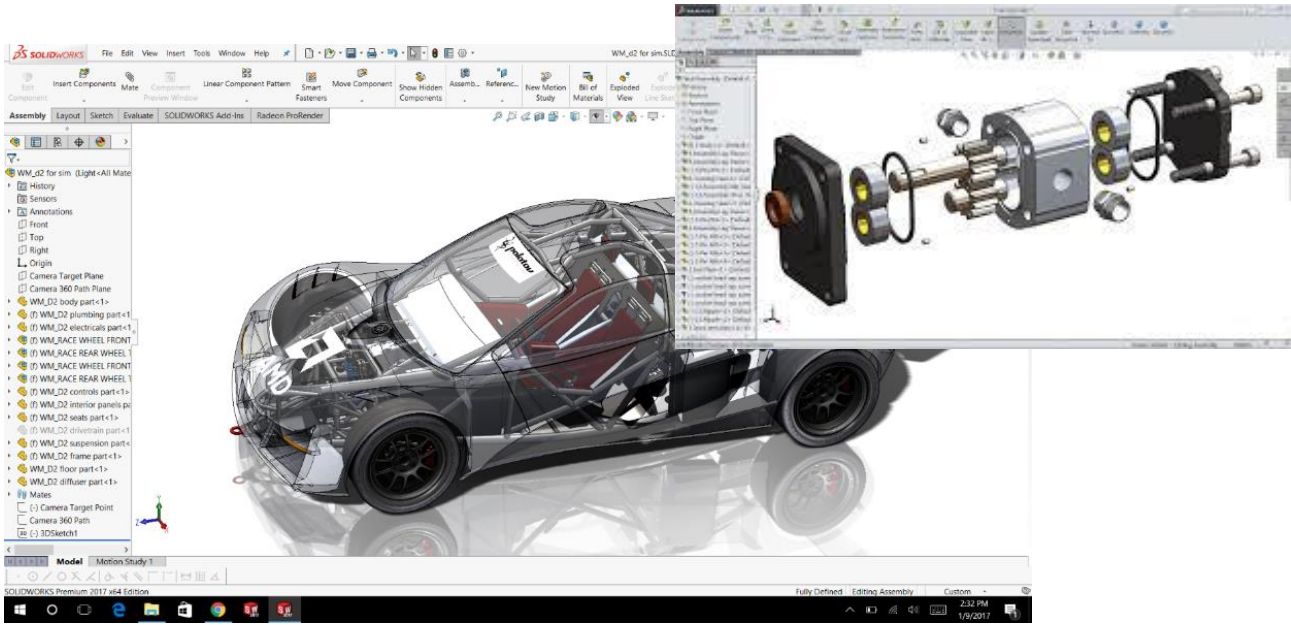


Рис. 4

Моделювання та мультиплікація

Велику популярність набувають виготовлені, за допомогою комп'ютера, мультфільми(анімації), що демонструють поведінку різноманітних реальних чи змодельованих об'єктів в часі (рис. 5). Вони дозволяють вивчити математичні моделі найрізноманітніших явищ, які досліджуються наукою, наприклад, потік рідини, ядерні та хімічні реакції, фізіологічні системи та деформацію конструкцій під навантаженням, шляхом візуального представлення поведінки моделі в різних умовах. Комп'ютерна мультиплікація використовується як різноманітні тренажери, для імітації природної анатомії, динаміки та пластики рухів, міміки живих істот, їх іміджу та довкілля на різних фазах їх життєвої діяльності(навчання, професійна діяльність, дозвілля, сон тощо). Широкого розповсюдження набула комп'ютерна графіка при створенні художніх відеофільмів та рекламних відеороликів, насичених 3D-спецефектами.

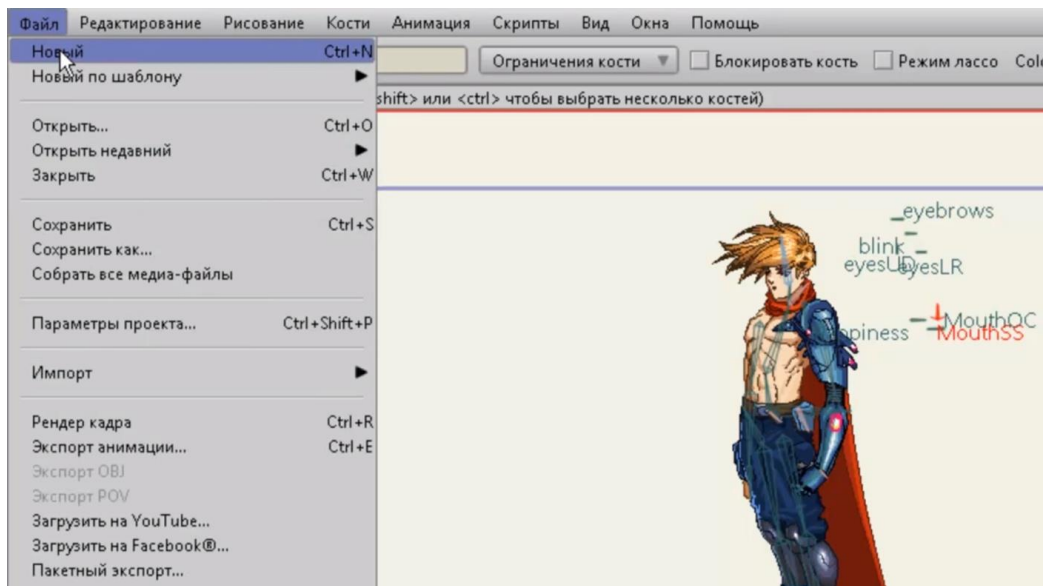


Рис. 5

Управління процесами

Якщо тренажери дають можливість користувачу спілкуватись з моделлю дійсного чи уявного світу, то в багатьох випадках виникає необхідність працювати в інтерактивному режимі безпосередньо з окремими аспектами реального світу. Функції комп'ютерних графічних систем для управління технологічними процесами полягають в: стеженні за станом окремих виробництв та цілих цехів; інформуванні персоналу про критичні ситуації, що здійснюється на базі вивчення графічних відображень технологічних процесів у режимі реального часу (рис. 6) та практикується на великих підприємствах в умовах гнучких автоматизованих виробництв.

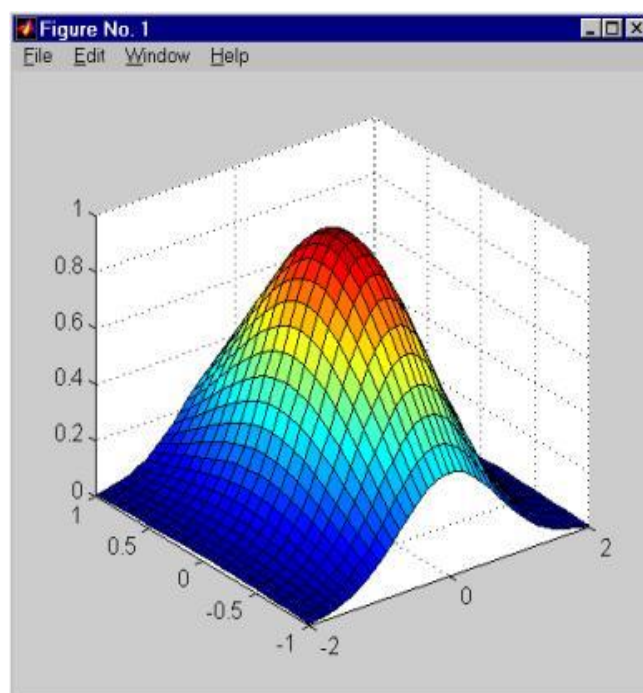


Рис. 6

Автоматизация канцелярских работ та електронна публікація

Дедалі більшого поширення набуває використання комп'ютерної графіки для формування та розповсюдження інформації в адміністративних закладах і навіть в побуті. За її допомогою можна виготовляти як традиційні друковані документи (тверда копія), так і «електронні» документи, які складаються з тексту, таблиць, графіків та іншої ілюстративної двомірної інформації (рис. 8, 9).

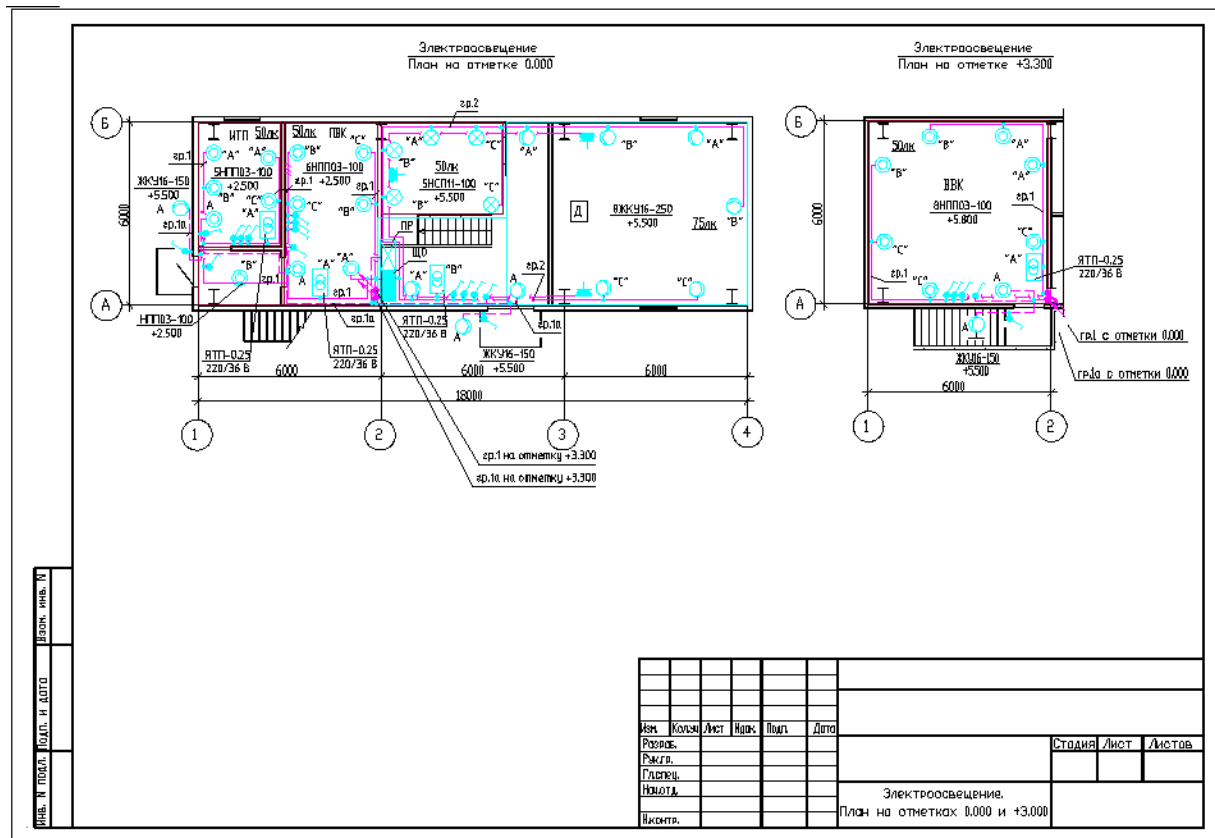


Рис. 8

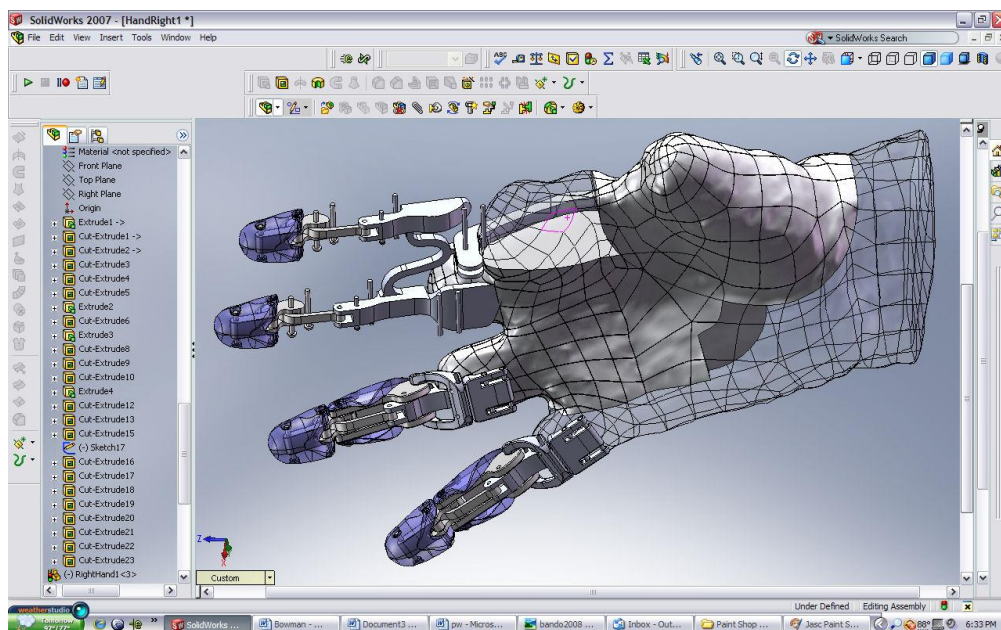


Рис. 9

Мистецтво та реклама

Спільною метою комп'ютерного мистецтва та реклами є: бажання засобами комп'ютерної графіки виразити головний зміст зображення та звернути увагу на нього за допомогою естетично приємних зображень. Функції комп'ютерних графічних систем для втілення мистецтва, реклами та дизайну: створення творів мистецтва; музейна та реставраційна діяльність; оздоблення



Рис. 10

внутрішнього та зовнішнього інтер'єрів помешкань; підготовка друкованої продукції рекламно-інформаційного характеру; виготовлення слайдів, відеокліпів та мультимедійних презентацій для подання комерційної, наукової та навчальної інформації; підготовка інформаційних та рекламних роликів для телебачення; розвиток індустрії ігор та розваг (рис. 10, 11).

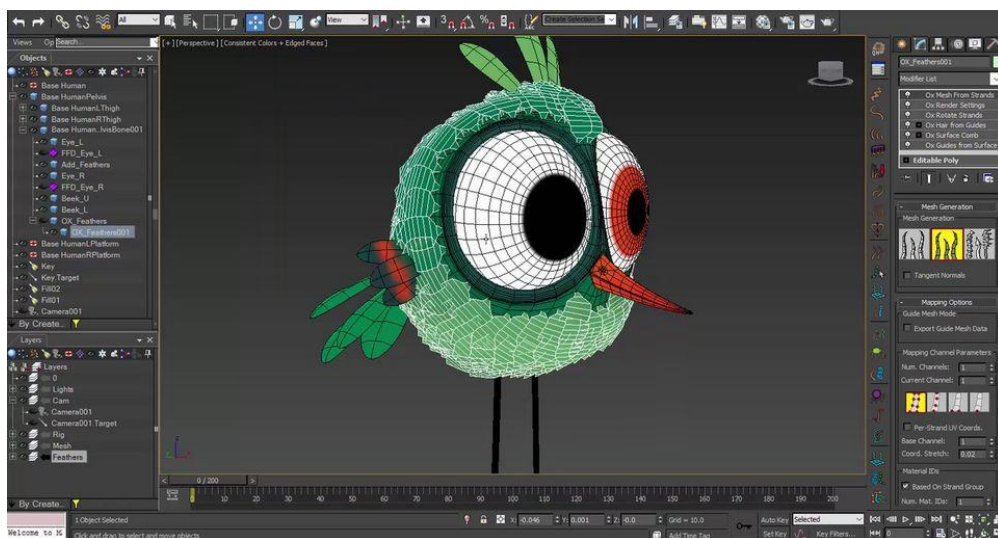


Рис. 11

Роль зображення в комп'ютерній графіці може бути засобом для досягнення кінцевої мети, або ж самою метою. Наприклад, в картографії робоче креслення та «растровий живопис» є результатом, тоді як в багатьох різновидах машинного проектування отримане зображення призначене для візуалізації геометричних властивостей об'єкта, який проектується (електричної схеми, системи трубопроводів, крила літака чи автомобіля, моста, корпусу судна і т. ін.).

Сюди відносяться ті програм, за допомогою яких можна підготувати видання для друку у поліграфії. У перелік цих програм входять: настільні видавницькі системи, редактори для створення векторної і растрової графіки, текстові і табличні редактори, пакети роботи зі шрифтами і тому подібне. Якщо розглядати частину апаратних засобів (особливо у вартісному відношенні), що випускається комп'ютерною промисловістю для потреб поліграфії та супутніх процесів, то у загальному обсязі вони складуть найбільшу частку.

Види комп'ютерної графіки

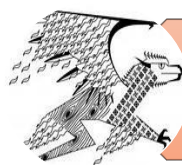
Розрізняють 4 види комп'ютерної графіки. Це растрова графіка, векторна графіка, фрактальна графіка та тривимірна. Вони відрізняються принципами формування зображення при відображенні на екрані монітора або при друці на папері.



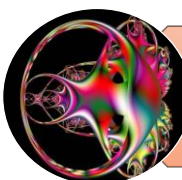
Растрова



Фрактальна



Векторна



Тривимірна

Для початку слід зазначити що комп'ютерна графіка ділиться на векторну та растрову. Відмінність між векторною та растровою графікою в першу чергу полягає в способі кодування.

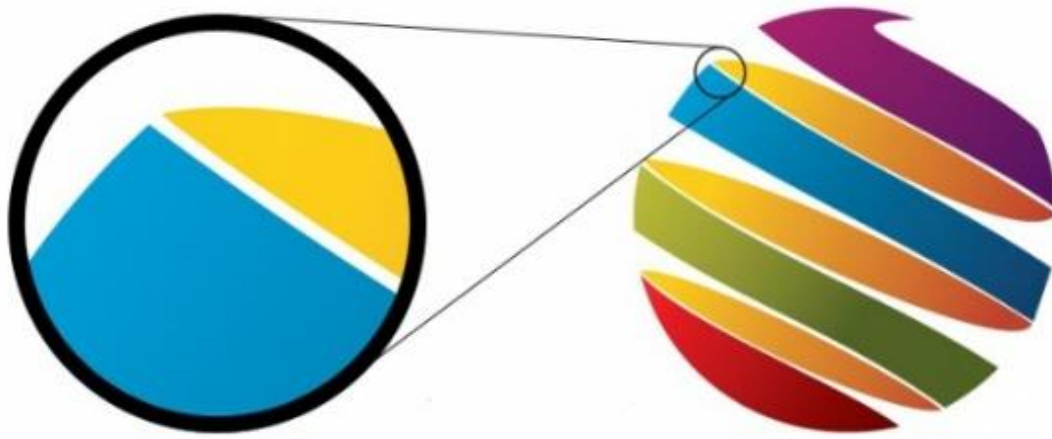


Рис. 12

Векторний спосіб кодування зображень полягає в тому, що зображення складають геометричні фігури: криві і прямі лінії, які зберігаються в пам'яті комп'ютера у вигляді математичних формул і геометричних примітивів – кіл, еліпсів, квадратів і так далі (рис. 12).

Растрові ж зображення (рис.13) мають інший спосіб кодування, який полягає в тому, що зображення розкладається на точки дуже маленького розміру, так звані пікселі. При наближенні растрового зображення ці точки буде видно більш чітко.

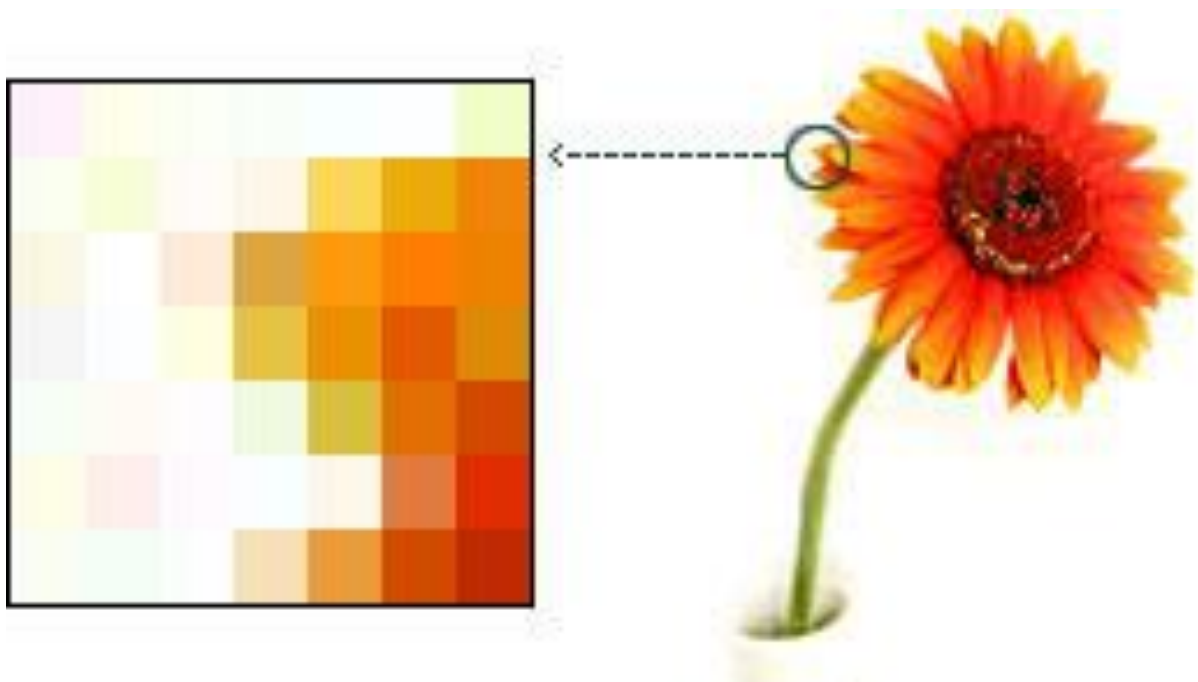


Рис. 13

Розміри векторних зображень анітрохи не впливають на обсяг файлів, так як при зміні розміру не збільшується кількість інформації. У випадку з растровими зображеннями, усе якраз навпаки. При збільшенні кількості пікселів збільшуватиметься і розмір файлу.

Тому за допомогою векторної графіки дуже зручно створювати різні плакати і банери великого розміру. Також буде зручно зберігати ці файли і пересилати їх поштою. Растрова ж графіка тут практично непридатна. Файл з великою кількістю пікселів, необхідний для створення великого плаката, буде займати десятки, або й сотні мегабайт.



Рис. 14

Фрактальна графіка – технологія створення зображень на основі фракталів. Фрактальна графіка базується на фрактальній геометрії (рис. 14).

Найвідомішими фрактальними об'єктами є дерева: від кожної гілки відходять менші, схожі на неї, від них – ще менші. За окремою гілкою математичними методами можна відслідкувати властивості всього дерева. Фрактальні властивості мають такі природні об'єкти, як: сніжинка, що при збільшенні виявляється фракталом; за фрактальними алгоритмами ростуть кристали та рослини.

Тривимірна графіка (3D, 3 Dimensions, укр. *3 виміри*) – розділ комп'ютерної графіки, сукупність прийомів та інструментів (як програмних, так і апаратних), призначених для зображення об'ємних об'єктів (рис. 15). Найбільше застосовується для створення зображень, які в подальшому використовуватимуться на площині екрану або аркушах друкованої продукції в архітектурній візуалізації, кінематографі, телебаченні, відеоіграх, друкованій продукції, а також у науці та промисловості.

Тривимірне зображення на площині відрізняється від двовимірного тим, що включає побудову геометричної проекції тривимірної моделі (сцени) на площину (наприклад, екран комп'ютера) за допомогою спеціалізованих програм. При цьому модель може як відповідати об'єктам з реального світу (автомобілі, будівлі, ураган, астероїд), так і бути повністю абстрактною (проекція чотиривимірного фрактала).

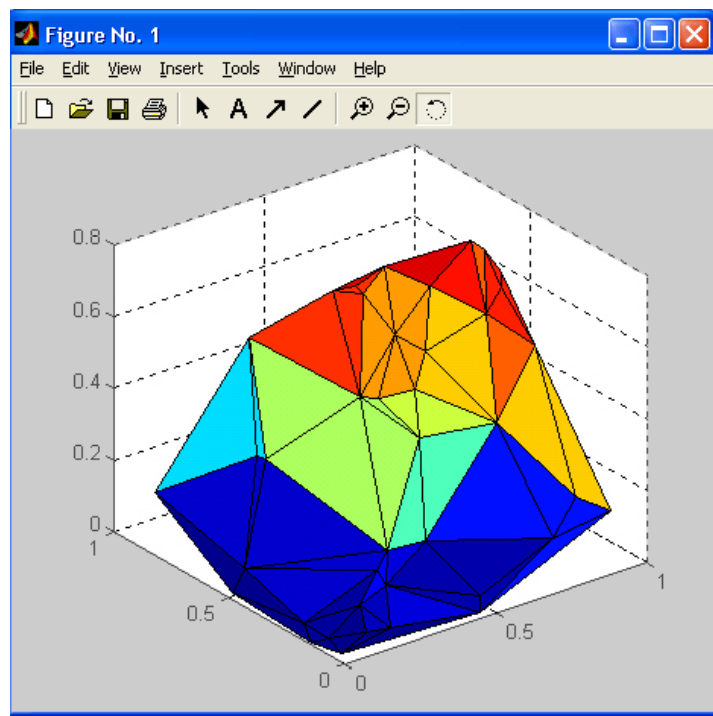


Рис. 15

- Для одержання тривимірного зображення на площині потрібні такі кроки:
- *Моделювання* – створення тривимірної математичної моделі сцени і об'єктів в ній.
 - *Рендеринг* (візуалізація) – побудова проекції відповідно до обраної фізичної моделі.
 - Виведення отриманого зображення на пристрій виведення – дисплей або принтер.

ТЕМА 2. ФОРМАТИ ЗБЕРІГАННЯ ГРАФІЧНИХ ФАЙЛІВ. СУЧАСНІ ГРАФІЧНІ СИСТЕМИ



Формати графічних файлів визначають спосіб зберігання інформації у файлі (растровий або векторний), а також форму зберігання інформації. Стиск застосовується для растрових графічних файлів, тому що вони мають зазвичай досить великий обсяг. Стиск графічних файлів відрізняється від їхньої архівації за допомогою програм-архіваторів (rar, zip, arj та ін.) тим, що алгоритм стиску включається у формат графічного файлу. Існують різні алгоритми стиску, причому для різних типів зображення доцільно застосовувати підходящі типи алгоритмів стиску. Для стиску малюнків типу аплікації, що містять великі області однотонного зафарбування, найбільш ефективно застосування алгоритму стиску, який заміняє послідовність повторюваних величин (пікселів однакового кольору) на дві величини (піксель і кількість його повторень). Такий алгоритм стиску використовується в графічних файлах форматів BMP і PCX. Для малюнків типу діаграми доцільне застосування іншого методу стиску, який використовує пошук повторюваних у малюнку «візерунків». Такий алгоритм використовується в графічних файлах форматів TIFF і GIF і дозволяє стиснути файл у кілька разів.



Для стиску відсканованих фотографій й ілюстрацій використовується алгоритм стиску **JPEG**. Цей алгоритм використовує той факт, що людське око дуже чутливе до зміни яскравості окремих точок зображення, але набагато гірше відчуває зміну кольору. Дійсно, при глибині кольору 24 біта комп'ютер забезпечує показ більш 16 млн різних кольорів, тоді як людина навряд чи здатна розрізнити й тим більше назвати більш сотні кольорів і відтінків.

Застосування методу JPEG дозволяє стискати файли в десятки разів, однак може приводити до необоротної втрати інформації (файли не можуть бути відновлені в первісному виді). Деякі формати графічних файлів є універсальними, тому що можуть бути оброблені більшістю графічних редакторів. Деякі програми обробки зображень використовують оригінальні формати, які розпізнаються тільки самою програмою. Перевага оригінальних форматів файлів полягає в тому, що вони дозволяють зберігати зображення при меншому розмірі файлу.

Для зберігання зображень в комп'ютерній графіці використовують декілька десятків форматів файлів. Деяка частина з них стала стандартами і використовується в більшості графічних програм. За типами графічні формати можна розділити на:

- растрові формати – призначені для зберігання растрових даних;
- векторні формати – призначені для зберігання векторних даних;
- метафайлові формати – можуть зберігати як растрові, так і векторні дані;
- формати сцени – містять додатково інструкції, що дозволяють програмі візуалізації відновити зображення цілком;
- формати анімації – прості дозволяють відображати зображення в циклі одне за іншим, а більш складні зберігають початкове зображення та різниці між двома зображеннями, які послідовно відображаються;
- мультимедійні формати – призначені для зберігання даних різних типів (графіки, звуку, відео) в одному файлі;
- тривимірні формати – містять опис форми і кольору об'ємних моделей.

Векторні формати



CDR (CorelDraw Bitmap)

Основний формат векторного графічного редактора CorelDRAW. Формат CDR став універсальним для інших програм завдяки використанню окремої компресії для векторних і растрових зображень, можливості вбудовувати шрифти, величезному робочому полю 45x45 метрів, підтримці багатосторінковості.

У своїх перших версіях, формат файлу CDR був повністю пропрієтарним і в основному використовувався для векторних малюнків. Формат ранніх версій розпізнається за першими двома байтами, що містять літери «WL». Починаючи з CorelDraw 3, формат файлу змінюється на контейнер Resource Interchange File Format (RIFF), та розпізнається за першими чотирма байтами, що містять «RIFF», тоді як версія одержується з байтів 9-15, з рядку «CDR * vrsn», де зірочка «*» означає версію в шістнадцятковій системі числення. Фактичний блок даних в RIFF залишається власним форматом Corel.

Починаючи з версії X4 (14) файл CDR є стисненим ZIP-архівом, що містить в собі каталог з декількох файлів, серед яких є XML-файли і RIFF структурований файл *riffdata.cdr* зі схожою сигнатурою версій в версіях X4 (CDREvrsn) і X5 (CDRFvrsn), чи файл *root.dat* в CorelDrawX6, де байти з 9 до 15 виглядають трохи інакше – «CDRGfver». «F» – остання можлива шістнадцяткова цифра, і тому «fver» тепер вказує на те що попередня літера більше не може бути шістнадцятковим символом.

```

00000000: 52 49 46 46 7E 26 00 00 43 44 52 20 76 72 73 6E RIFF~&..CDR vrsn
00000010: 02 00 00 00 2C 01 4C 49 53 54 8C 00 00 00 49 4E .....,LIST■...IN
00000020: 46 4F 74 78 74 68 80 00 00 00 00 00 00 00 00 F0tXth■.....
00000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000050: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000060: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000070: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000080: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000090: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
000000A0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 4C 49 53 54 80 00 .....LIST■.
000000B0: 00 00 64 6F 63 20 66 74 62 6C 48 00 00 00 01 00 ..doc ftb1H.....
000000C0: 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 .....
000000D0: 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 .....
000000E0: 14 01 13 00 66 75 74 75 72 61 00 00 00 00 00 00 ....futura.....
000000F0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000100: 00 00 00 00 14 01 74 73 70 63 24 00 00 00 24 00 .....tspc$...$.
00000110: 07 00 06 00 18 00 18 00 18 00 18 00 18 00 18 00 .....
00000120: 18 00 24 00 0E 00 0E 00 13 00 C2 00 01 00 00 00 ..$.â.....
00000130: 00 00 4C 49 53 54 4C 25 00 00 70 61 67 65 69 64 ..LISTL%..pageid
00000140: 20 20 02 00 00 00 01 00 69 6D 68 64 76 20 00 00 .....imhdv ..
00000150: 42 4D 76 20 00 00 00 00 00 00 76 00 00 00 28 00 BMu .....v...(
00000160: 00 00 80 00 00 00 80 00 00 00 01 00 04 00 00 00 ..■...■.....
00000170: 00 00 00 20 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000180: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00000190: 00 00 00 80 80 00 80 00 00 00 80 00 80 00 80 00 ...■■.■■.■■.■■■■
000001A0: 00 00 80 80 80 00 C0 C0 C0 00 00 00 FF 00 00 FF ...■■■.âââ...ÿ..ÿ
000001B0: 00 00 00 FF FF 00 FF 00 00 00 FF 00 FF FF ...ÿÿ..ÿ...ÿ..ÿÿ

```

Рис. 16. Заголовок CDR-файлу



AI (Adobe Illustrator)

Формат файлу, розроблений Adobe Systems для зберігання векторних зображень. Adobe Illustrator для зберігання файлів AI використовує розширення **ai**. AI підтримують практично всі програми, пов'язані з векторною графікою. Цей формат є найкращим посередником при передачі зображень з однієї програми в іншу. У цілому, поступаючись Corel DRAW у ілюстративних можливостях, (може містити в одному файлі тільки одну сторінку, має маленьке робоче поле – цей параметр дуже важливий для зовнішньої реклами – всього 3x3 метри) тим не менш, він відрізняється найбільшою стабільністю і сумісністю з мовою PostScript, на яку орієнтуються практично всі видавничо-поліграфічні додатки.



WMF (Windows Metafile) універсальний формат векторних графічних файлів для додатків Windows. Використовується для збереження колекції векторних зображень Microsoft Clip Gallery. Формат був розроблений компанією Microsoft і є неодмінною частиною Windows, оскільки зберігає послідовність апаратно-незалежних функцій GDI (Graphical Device Interface), що виводять зображення безпосередньо на заданий графічний пристрій (екран, принтер тощо). WMF використовують для збереження образу вікна і його подальшого відновлення, а також при перенесенні інформації за допомогою буфера обміну (clipboard). Операційна система Windows дозволяє швидко і просто взаємодіяти із файлами у форматі, що може бути відкритим і за допомогою кросплатформених додатків GIMP (з попереднім растеризуванням) або Inkscape. Як формат векторної графіки WMF в тій чи іншій мірі підтримується і іншими потужнішими пакетами – Auto CAD, Libre Office, і може використовуватися для обміну даними між ними.

Растрові формати



BMP (Bitmap) формат файлу зображень растрової графіки, в якому зображення зберігається у вигляді двовимірного масиву пікселів. Запам'ятовує одно і багатокольорові (RGB) ілюстрації у формі Pixel. Формат файлу BMP здатний зберігати 2D цифрові зображення довільної ширини, висоти та роздільної здатності, як монохромні так і кольорові, різної глибини кольору, і, необов'язково, зі стисненням даних, альфа-каналом та керуванням кольору.

У даному форматі можна зберігати тільки одношарові растри. На кожен піксель в різних файлах може приходити різна кількість біт (глибина кольору). Microsoft пропонує бітності 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48 і 64. В бітності 8 і нижче він вказується індексом з таблиці кольорів (палітри), а при великих: безпосереднім значенням. Колір же в будь-якому випадку можна задати тільки в колірній моделі RGB, але в бітності 16 і 32 можна отримати відтінки сірого з глибиною до 16 і 32-ох біт відповідно. Часткова прозорість реалізована альфа-каналом різних бітностей, але при цьому прозорість без градацій можна побічно отримати RLE-кодуванням.



GIF (Graphics Interchange Format) 8-бітний растровий графічний формат, що використовує до 256 чітких кольорів із 24-бітного діапазону RGB. Формат було розроблено компанією Compu Serve у 1987 році, і з того часу набув широкої популярності у всесвітній павутині завдяки своїй відносній простоті та мобільності. Одними з головних особливостей формату є підтримка анімації та прозорості.

Зображення у форматі GIF зберігається порядково, підтримується тільки формат з індексованою палітрою кольорів, яка може містити до 256 кольорів із 24-бітного діапазону RGB, хоча спочатку формат розроблявся тільки для підтримки 256-кольорової (8-бітної) палітри.

Один з кольорів у палітрі може бути оголошений «прозорим». У цьому випадку в програмах, які підтримують прозорість GIF (наприклад, більшість сучасних браузерів) крізь пікселі, зафарбовані «прозорим» кольором, буде видно фон. «Напівпрозорість» пікселів (технологія альфа-каналу) не підтримується.



JPEG (Joint Photographic Experts Group) растровий формат збереження графічної інформації, що використовує стиснення з втратами. Втрати і спотворення інформації через ступінь стиснення можуть проявлятися вже в призначених для користувача програмах. Допустимий рівень стиснення залежить від характеру зображення та існує, як правило, в межах 1:10. Формат JPEG часто використовується як формат даних у цифрових камерах. У Інтернеті формат JPEG застосовується для відображення напівтонових ілюстрацій та графічної інформації з плавним переходом тонів. Формат JPEG, на відміну від GIF і PNG, не підтримує ні анімацію, ні прозорість. Область застосування формату досить вузька – розповсюдження високоякісної напівтонової графіки в Інтернеті. Формат підтримується практично всіма сучасними графічними програмами та веб-браузерами.

Алгоритм стиснення даних, що використовується у форматі, базується на алгоритмі дискретного косинусного перетворення.

Найбільша роздільна здатність, яку підтримує формат JPEG є 65535×65535.



PNG (Portable Network Graphics) растровий формат збереження графічної інформації, що використовує стиснення без втрат. PNG був створений

для заміни формату GIF графічним форматом, який не потребує ліцензії для використання.

Формат PNG зберігає інформацію у стиснутому вигляді, але стиснення проводиться без втрат якості, на відміну від формату JPEG. Формат PNG спроектований на заміну застарілого і простішого формату GIF, а також подекуди, для заміни складнішого формату TIFF.

Проблема підтримки 24-бітної (повної) прозорості зображення формату PNG у internet-браузері Internet Explorer виробництва Microsoft вирішена компанією-виробником цього програмного продукту у сьомій його версії. Попри це, існує ряд прийомів і технік, які дозволяють веб-майстрам уникнути цієї проблеми, застосовуючи різні скрипти і функції. Всі інші сучасні браузери успішно підтримують можливості формату PNG.



TIFF (Tag Image File Format) графічний формат, розроблений компанією Aldus (сучасна Adobe) у 1987 році, як один з базових універсальних форматів представлення високоякісних зображень, які використовуються у поліграфічній галузі. Попри те, що формат досить старий, він не втратив своїх позицій і досі широко використовується за призначенням. Найбільш недавня версія формату, TIFF 6 представлена у 1992 році.

TIFF підтримує велику кількість алгоритмів стиснення. А саме алгоритми стиснення без втрат:

- PackBits;
- LZW (Lempel-Ziv-Welch), широко використовується для стиснення ч/б та кольорових зображень (але не дуже ефективний для стиснення СМЮК-даних);
- CCITT Faxgroup 3 та 4, в основному використовується для Line Art зображень (особливо для інформації з RIP).

Офіційно TIFF також підтримує JPEG-компресію, але зважаючи на втрати, які при цьому невідворотні, такого роду компресія не використовується для високоякісних зображень. Формат TIFF накладає обмеження на розмір файлу до 4 GB. Якщо зважити на те, що у цьому об'ємі може міститися стиснене зображення з середнім коефіцієнтом стиснення, то теоретично його розміри можуть наближатися до розмірів 2^{32} -1 пікселів.

Комплексні формати



PDF (Portable Document Format) відкритий формат файлу, створений і підтримуваний компанією Adobe Systems, для представлення двовимірних документів у незалежному від пристрою виведення та роздільної здатності вигляді. Кожен PDF-файл може містити повну інформацію про 2D-документ, таку як: тексти, зображення, векторні зображення, відео, інтерактивні форми та ін.

В липні 2008 року Міжнародна організація зі стандартизації визнала формат Portable Document Format (PDF) міжнародним стандартом і присвоїла йому номер ISO 32000-1:2008. Базовою для стандарту послужила версія 1.7 специфікації формату PDF, реалізована в Adobe Reader 8. Наступні версії специфікації видаватимуться як частини стандарту.

DjVu

DjVu технологія стискання зображення з втратами, розроблене компанією AT&T спеціально для зберігання відсканованих документів – книг, журналів, рукописів та ін., де наявна велика кількість формул, схем, рисунків та рукописних символів, котрі роблять повноцінне розпізнавання такого документа надзвичайно складним та трудоемним.

В процесі перекодування в DjVu-формат використовується технологія розділення вихідного зображення на три шари: передній план, фон та чорно-білу маску. До кожного з цих шарів застосовуються власні алгоритми стискання. В основі формату DjVu лежить декілька технологій, розроблених в компанії AT&T. Зокрема:

- алгоритм відокремлення тексту від фону на відсканованих зображеннях;
- хвильовий (вейвлетний) алгоритм стискання фону IW44;
- алгоритм стискання чорно-білого зображення JB2;
- універсальний алгоритм стискання ZP;
- алгоритм розпакування «на запит»;
- алгоритм «маскування» зображень.

В процесі перекодування в DjVu-формат використовується технологія розділення вихідного зображення на три шари: передній план, фон та чорно-білу маску. До кожного з цих шарів застосовуються власні алгоритми стискання.

ТЕМА 3. РОБОТА В СЕРЕДОВИЩІ COREL DRAW GRAPHICS SUITE

Інтерфейс та можливості програми. Робота з документами. Панель інструментів. Робота з об'єктами, робота з текстом, робота з шарами. Основа роботи з ефектами. Кінцева обробка на вивід на друк.

Незважаючи на те що світовим лідером програм для роботи з векторною графікою сьогодні є інша програма – Adobe Illustrator, Corel DRAW ні в чому не поступається їй, а за багатьма параметрами і перевершує, і у неї – величезна армія користувачів-професіоналів, які вважають Corel DRAW своїм основним робочим інструментом.

Програмне забезпечення для комп'ютерної графіки ділиться на три основні групи:

1. *Програми векторної графіки – наприклад, пакет програм Corel Draw; Microsoft Visio; Corel Designer і т. ін.*
2. *Програми растрової графіки – наприклад, Adobe Photoshop, Adobe ImageReady і т. ін.*
3. *Програми-переглядачі – Infan View; XnViewer; Microsoft Office Document Imaging і т. ін.*

Практика показала, що малювати зручніше використовуючи інструменти векторної графіки, (навіть у програмах растрової графіки інструменти малювання векторні – прим. автора) тому курс лекцій ми починаємо зі знайомства саме з пакетом програм векторної графіки Corel Draw.

Продукція Corel Corporation відома і використовується дизайнерами всього світу досить давно. Регулярно виходять нові релізи та доповнення до існуючих програм, а також з'являються нові спеціалізовані програми для вирішення певних дизайнерських завдань. Саме тому Corel Draw сьогодні – це пакет програм високого рівня інтеграції між собою. Від версії до версії склад пакету програм векторної графіки Corel Draw змінювався. Теперішній складу пакету Corel Draw такий:

- Corel Draw – векторний редактор;
- Corel PHOTO-PAINT – растровий редактор;
- Corel TRACE – програма-трасувальник;
- Corel CAPTURE – програма «захвату» зображень;
- Corel R.A.V.E. – програма-аніматор;
- Bitstream Font Navigator – менеджер шрифтів.

Найбільш цікава для нас зараз програма, та що призначена для малювання та створення графічних композицій Corel Draw – векторний редактор. У цьому програмному продукті зібрані всі необхідні інструменти, за допомогою яких ми маємо можливість, при наявності певних знань та навичок, виконати майже необмежене коло завдань графічного дизайну. Програма має стандартний інтуїтивно зрозумілий інтерфейс операційної системи Windows (існує варіант для операційних систем Mac – прим. автора)

Після запуску програми і завантаження програмного середовища, на екрані монітора ми побачимо загальний вигляд програми Corel Draw та

невеличке вікно діалогу, яке пропонує нам вибрати один із варіантів завантаження файлу з яким ми будемо працювати. (див. рис. 17) Якщо таких файлів іще нема, з допомогою цього ж віконця створюємо новий файл векторного зображення.

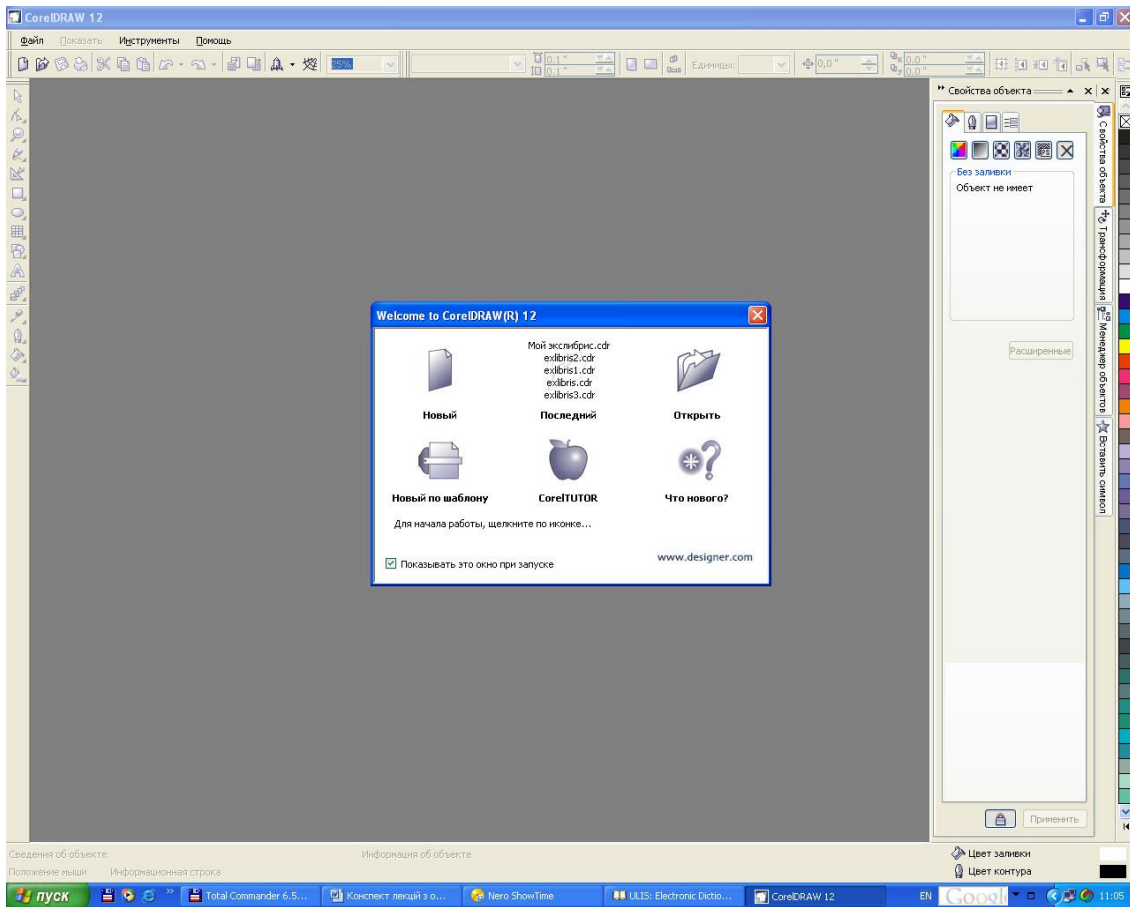


Рис. 17

Як ми бачимо на рисунку 18, програмне середовище Corel Draw має вигляд стандартного вікна операційної системи Windows. Наявність і розташування більшості елементів керування також стандартне для цієї операційної системи.

Однак, є і відмінності, які відрізняють графічну програму від інших програм – редакторів. Найпомітніша, на перший погляд, така відмінність – наявність вертикальних інструментальних панелів та пристиковані до краю робочого вікна докер-віконця. (Докер-віконця, за бажанням користувача, можуть бути пристиковані до будь-якого краю робочого вікна Corel Draw шляхом простого «перетаскування» - прим. автора) Не затримуючись на розгляд стандартних елементів Windows, які нам відомі по курсу інформатики, ретельно роздивимось основну панель дизайнерських інструментів Corel Draw, яка розташована вертикально зліва у головному вікні програми. Вона включає три основні групи інструментів:

1. Інструменти-показчики;
2. Інструменти малювання;
3. Інструменти візуального оформлення, або ефекти.

Інтерфейс програми

Після запуску програми на екрані розкривається представлено на рис. 17 головне вікно Corel DRAW з основними елементами інтерфейсу.

У самому верху розташований рядок заголовка. На ній відображається назва програми – «Corel DRAW» і розташування відкритого в даний момент документа.

Трохи нижче розташовується стрічка меню. Вона являє собою набір випадаючого меню. На панелі передбачені одинадцять вкладок, кожна з яких складається з набору зв'язаних команд. У правій частині панелі меню також розташовані стандартні кнопки керування вікном: «згорнути», «розгорнути» і «закрити». Ще нижче розташована «Стандартна панель інструментів». Вона містить клавіші швидкого виклику основних меню і команд, таких як відкриття, збереження і друк документів. Додаткові панелі інструментів містять клавіші швидкого доступу для спеціальних завдань.

У самому центрі вікна програми розташовано «Вікно документа», яке ще називають робочою областю. Робоча область обмежена смугами прокрутки та іншими елементами управління. Вона включає сторінку документа і навколишню область. За допомогою смуг прокручування ви можете переміщати сторінку документа по робочій області.

Навколо робочої області розташовані «Горизонтальна і вертикальна лінійки», вони дозволяють визначити розмір і розташування об'єктів в документі.

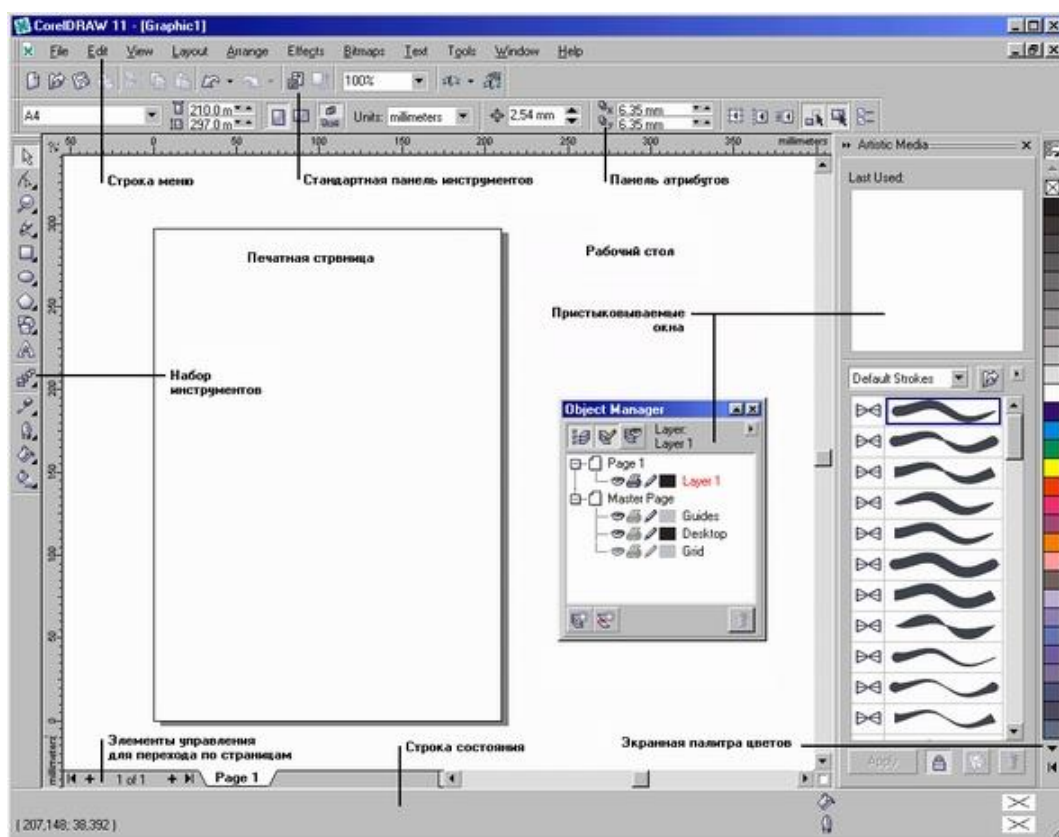


Рис. 18. Интерфейс програми

Під стандартною панеллю інструментів за замовчуванням розташовується панель атрибутів (propertybar). Вона являє собою сукупність елементів управління, що відповідають керуючим параметрам виділеного об'єкта і стандартним операціям, які можна виконати над ним за допомогою обраного інструменту. Вміст панелі атрибутів постійно змінюється, вона є основним робочим інструментом користувача.

Уздовж правої межі вікна розташована – екранна палітра кольорів (colorpalette). Вона застосовується для задання кольору заливки і обведення об'єктів ілюстрації.

Вздовж нижнього краю вікна Corel DRAW знаходиться рядок стану (statusbar). У ньому в процесі роботи виводяться відомості про виділений об'єкт і багато допоміжної інформації про режим роботи програми.

«Набір інструментів» Corel DRAW 11, розташований зліва від робочої області, містить інструменти, які можна використовувати для конкретних завдань малювання і редагування. Деякі інструменти призначені для малювання фігур, інші застосовуються для роботи з кольором, візерунками і заливкою.

Інструменти відображені у вигляді іконок, причому деякі інструменти розташовані окремо, а деякі згруповані. Інструменти, що знаходяться в групі, відображається у вигляді іконки зі стрілкою. Ці інструменти можна переглянути за допомогою випадаючого меню.

У такому випадку на іконці буде відображатися останній використаний в групі інструмент. Для доступу до всіх інструментів, згрупованим в одному випадаючому меню, слід натиснути на стрілку.

Налагодження «панелі властивостей» в Corel DRAW

У правій частині вікна програми розташована «панель властивостей», її ще називають панель налаштувань або докер, він англійського «Dockers» – «портовий робітник».

Панель властивостей являє собою набір спеціальних мобільних вікон, які призначені для динамічної зміни параметрів безпосередньо під час роботи над проектом.

Вміст даної панелі змінюється залежно від обставин: який інструмент обраний або який об'єкт виділений. Наприклад, виберемо на панелі властивостей вкладку «Властивості». А потім на наборі інструментів виберемо інструмент «Текст».

Як ви бачите, зміст вкладки «властивості» змінилося. Тепер тут відображається інформація по роботі з текстом. Якщо перейти в кінець даного вікна, ви побачите кілька посилань. Наприклад, для того щоб дізнатися більше про налаштування рамок простого тексту, ви можете перейти на сторінку, присвяченій даній темі. Для цього клікніть по посиланню «настройки рамок простого тексту».

Панель властивостей, як правило, містить кілька вкладок. За замовчуванням відкрита вкладка «Властивості» і «Диспетчер об'єктів».

Вкладок на даній панелі можна відобразити безліч. Для цього треба в меню «Вікно» навести курсор на групу команд «Вікна налаштувань», а потім вибрати назву вкладки, яку ви хочете додати на панель.

Деякі вкладки на панелі властивостей можуть утримувати власні вкладки. Наприклад, вкладка «Властивості об'єкта», яку можна додати на панель, містить шість власних вкладок.

Вкладки на панелі можна закрити двома способами. Можна закрити вкладку шляхом натискання кнопки у вигляді хрестика, яка розташована в кутку активної вкладки. Також, прибравши галочку в підменю «Вікна налаштувань» на вкладці «Вікна» панелі інструментів.

Таким чином, ви можете налаштувати «панель властивостей» будь-яким зручним для вас способом. Ви можете розмістити на панелі відразу кілька вікон і мати, завдяки цьому, швидкий доступ до потрібних командам

Інструменти

Першим йде інструмент «Покажчик». Він відображається в наборі у вигляді стрілки. Інструмент «Покажчик» дозволяє вибрати, змінити розмір, нахилити і повернути об'єкти.

Далі розташована група інструментів зміни форми. Інструменти зміни форми дозволяють змінювати форму існуючого об'єкта.

Наступною йде група інструментів обрізки і видалення. Дані інструменти дозволяють видаляти частини документа, видаляючи їх цілком або окремі частини.

Інструмент «Масштаб» дозволяє змінювати ступінь збільшення у вікні документа. А інструмент «Панорама» дозволяє переміщати документ по робочій області.

Далі розташована так звана група інструментів кривої. Інструменти кривої дозволяють малювати лінії і криві, такі як лінії вільної форми, прямі лінії і криві Безьє. За допомогою інструменту «Художнє оформлення» можна також розпорошувати зображення, малювати каліграфічні лінії і наносити мазки пензля.

Інструменти заливки дозволяють застосовувати до об'єктів різні види заливки, такі як однорідна, інтерактивна заливка сітки. Інструменти аналогічні за дією розташовані також в двох останніх групах.

Далі на «наборі інструментів» розташовано чотири групи по роботі з фігурами. Дані інструменти дозволяють малювати різні фігури, включаючи прямокутники, еліпси, зірки, багатокутники і спіралі. Також, за допомогою однієї з груп даних інструментів можна малювати такі фігури, як стрілки, банери і схеми.

Інструмент «Текст» дозволяє вводити слова фігурного або простого тексту безпосередньо на екрані.

Далі розташувався Інструмент «Таблиця». Він дозволяє малювати і змінювати таблиці.

У групі інструментів розміру розташовані інструменти, які дозволяють малювати похилі, прямі і кутові розмірні лінії для вимірювання частин об'єктів в документі.

Інструменти з'єднувача дозволяють малювати лінії, що з'єднують об'єкти в діаграмах і схемах.

Далі йде група так званих інтерактивних інструментів. Інтерактивні інструменти дозволяють застосовувати до об'єктів спеціальні ефекти, такі як тіні, витягування, контури і прозорості.

Далі йде група по роботі з кольором. Тут представлено два інструменти «Колірна піпетка» і «Піпетка інструментів».

Інструменти по роботі з контурами призначені для створення кривих. Тут ви зможете вибрати один з розмірів контуру і відразу ж приступити до їх створення.

Як ви бачите, набір інструментів є панель, що складається з ряду іконок. Натискаючи на дану іконку, ви зможете вибрати потрібний інструмент для поточної роботи.

ТЕМА 4. ВЕКТОРНА ГРАФІКА



Векторне подання, на відміну від растрової графіки, визначає опис зображення у вигляді ліній і фігур, можливо, із зафарбованими областями, заповнюваними суцільним або градієнтним кольором. Хоча це може здатися більш складним, ніж використання растрових масивів, але для багатьох видів зображень використання математичних описів є більш простим способом.

У векторній графіці для опису об'єктів використовуються комбінації комп'ютерних команд і математичних формул для опису об'єктів. Це дозволяє різним пристроям комп'ютера, таким як монітор і принтер, при малюванні цих об'єктів обчислювати, де необхідно поміщати реальні точки.

Векторну графіку часто називають об'єктно-орієнтованою або креслярською графікою. Є ряд найпростіших об'єктів, або примітивів, наприклад: еліпс, прямокутник, лінія. Ці примітиви і їхні комбінації використовуються для створення більш складних зображень. Якщо подивитися зміст файлу векторної графіки, виявляється подібність із програмою. Він може містити команди, схожі на слова, і дані в коді ASCII, тому векторний файл можна відредагувати за допомогою текстового редактора. Приведемо в умовному спрощеному виді команди, що описують коло:

- об'єкт – коло;
- центр – 50, 70;
- радіус – 40;
- лінія: колір – чорний, товщина – 0.50;
- заливання – немає.

Даний приклад показує основну перевагу векторної графіки - опис об'єкта є простим і займає мало пам'яті. Для опису цього ж кола засобами растрової графіки треба було б запам'ятати кожен окрему точку зображення, що зайняло б набагато більше пам'яті.

Крім того, векторна графіка в порівнянні з растровою має наступні переваги:

- простота масштабування зображення без погіршення його якості;
- незалежність обсягу пам'яті, необхідної для зберігання зображення, від обраної колірної моделі.

Недоліком векторних зображень є їх деяка штучність, що полягає в тому, що будь-яке зображення необхідно розбити на кінцеву безліч його примітивів.

Розглянемо докладніше способи подання різних об'єктів у векторній графіці.

Математичні основи векторної графіки

В основі векторної графіки лежать математичні представлення про властивості геометричних фігур. Найпростішим об'єктом векторної графіки є лінія, тому, в основі векторної графіки лежить насамперед математичне представлення лінії.

Точка

Точка на площині задається двома координатами (x, y) , які визначають її положення відносно початку координат.

Пряма лінія

З курсу алгебри відомо, що для задання прямої лінії достатньо два параметри, так як графік прямої лінії описується рівнянням $y=kx+b$. Знаючи параметри k і b , завжди можна намалювати нескінченну пряму лінію у відомій системі координат (рис. 19, зліва).

Відрізок прямої

Для задання відрізка прямої треба знати ще пару параметрів, такі як координати x_1 і x_2 початку і кінця відрізка. Отже, щоб описати відрізок прямої лінії необхідні чотири параметри (рис. 19, справа).

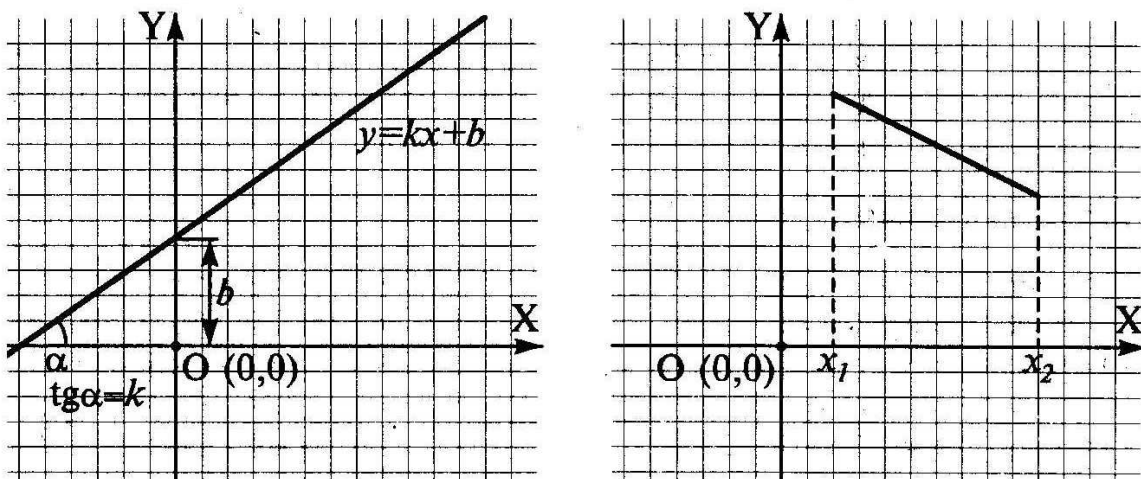


Рис. 19

Крива другого порядку

До кривих другого порядку відносяться параболи, гіперболи, еліпси, кола та інші лінії, рівняння яких не містять степенів вище другої (рис. 20). Прямі

лінії – це окремий випадок кривих другого порядку. Відрізняються криві другого порядку тим, що не мають точок перегину. Загальна формула кривої другого порядку може виглядати так:

$$x^2 + a_1 y^2 + a_2 xy + a_3 x + a_4 y + a_5 = 0$$

Як бачимо, п'яти параметрів цілком достатньо для опису нескінченної кривої другого порядку. Для запису відрізка кривої другого порядку необхідно на два параметри більше.

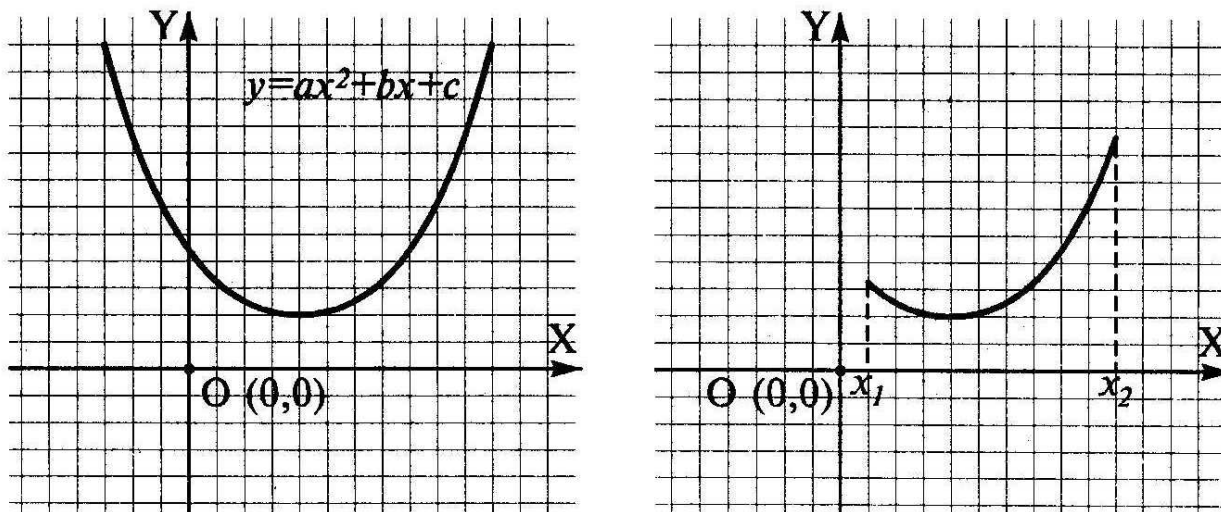


Рис. 20

Крива третього порядку

Відмінна риса кривих третього порядку полягає в тому, що вони можуть мати точку перегину. Так, графік функції $y=x^3$ має перегин, що відбувається на початку координат. Криві третього порядку добре відповідають тим лініям, що ми спостерігаємо в живій природі, наприклад лініям вигину людського тіла, тому як основні об'єкти векторної графіки використовують саме такі лінії. Прямі і криві другого порядку (наприклад, кола чи еліпси) є окремими випадками кривих третього порядку. У загальному випадку рівняння кривої третього порядку можна записати:

$$x^3 + a_1 y^3 + a_2 x^2 y + a_3 x y^2 + a_4 x^2 + a_5 y^2 + a_6 x y + a_7 x + a_8 y + a_9 = 0$$

З нього видно, що для запису кривої третього порядку досить дев'яти параметрів. Для задання відрізка кривої 3-го порядку, треба мати на два параметри більше

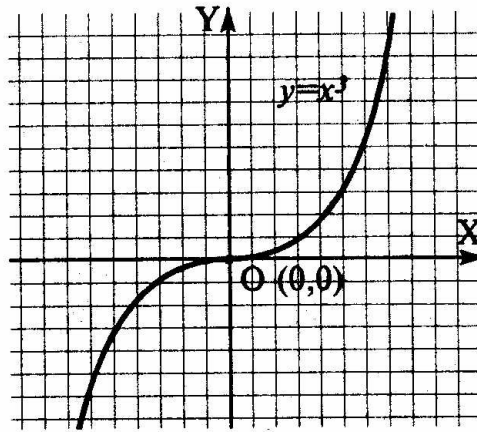


Рис. 21.

Криві Без'є

Малювати криву третього порядку по відомих коефіцієнтах її рівняння – складне завдання. Для спрощення цієї процедури, у векторних редакторах застосовують не довільні криві третього порядку, а їх особливий тип, названий кривими Без'є на честь французького математика П'єра Без'є. Відрізки кривих Без'є – це окремий випадок відрізків кривих третього порядку, який досить простий (з погляду математика), універсальний (з погляду програміста) і геометрично наочний (з погляду користувача). Вони описуються не одинадцятьма параметрами, як відрізки кривих третього порядку, а тільки вісьмома, і тому працювати з ними зручніше. Метод побудови кривої Без'є заснований на використанні пари дотичних, проведених до лінії в точках її кінців. На практиці ці дотичні виконують роль “важелів”, за допомогою яких лінію згинають в потрібному напрямку. На форму лінії впливає не тільки кут нахилу дотичної, але і довжина її відрізка. Керування дотичною (а разом з нею і формою лінії)здійснюють перетягуванням маркера за допомогою миші (рис. 22).

Крива Без'є є гладкою кривою, яка немає розривів і безупинно заповнює відрізок між початковою і кінцевою точками. Крива Без'є симетрична, тобто вона зберігає свою форму, якщо змінити напрямок вектора кривої на протилежний (поміняти місцями початкову і кінцеву опорні точки). Ця властивість знаходить своє застосування при створенні складних контурів. Крива Без'є, використовуючи математичну мову, “афінно інваріантна”, тобто зберігає форму при масштабуванні. Ця властивість є головною при маніпулюванні об'єктами векторної графіки. Якщо існує тільки дві контрольні точки (опорні точки) чи керуючі лінії колінеарні (лежать на одній прямій), крива перетворюється в прямий відрізок. Зміна положення однієї з контрольних точок веде до зміни форми всієї кривої Без'є.

Ця властивість – джерело нескінченної розмаїтості форм векторних об'єктів.

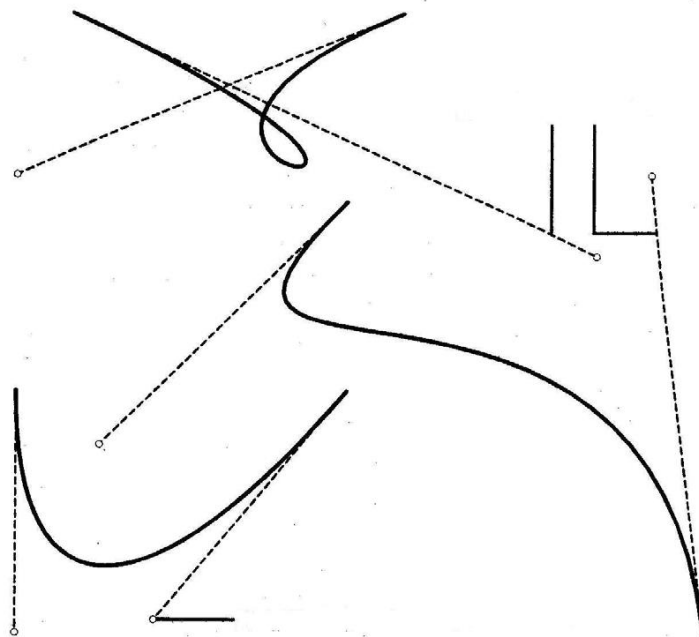


Рис. 22

Растрова й векторна графіка існують не відособлено один від одного. Так, векторні малюнки можуть містити в собі й растрові зображення. Крім того, векторні й растрові зображення можуть бути перетворені один в одного – у цьому випадку говорять про конвертацію графічних файлів в інші формати. Досить просто виконується перетворення векторних зображень в растрові. Не завжди здійсненне перетворення растрової графіки у векторну, тому що для цього растрова картинка повинна містити лінії, які можуть бути ідентифіковані програмою конвертації (типу Corel Trace у складі пакета Corel Draw) як векторні примітиви. Це стосується, наприклад; високоякісних фотографій, коли кожен піксель відрізняється від сусідніх.

Переваги векторних зображень:

- збільшення масштабу відбувається без втрати якості зображень;
- невеликий розмір файлу в порівнянні з растровими зображеннями;
- прекрасна якість виведення векторних зображень на друк;
- можливість редагування кожного елемента зображення окремо;
- векторним програмам властива висока точність малювання (до соті частки мікрона);
- векторна графіка економна в плані обсягів дискового простору, необхідного для зберігання зображень. Це пов'язано з тим, що зберігається не саме зображення, а тільки деякі основні дані (математична формула об'єкта), використовуючи які програма щоразу відтворює зображення заново.

Недоліки векторного формату:

- складність перетворення (трасування) з растрового формату у векторний;
- векторна графіка обмежена в чисто живописних засобах і не дозволяє отримувати фотореалістичні зображення з тією ж якістю, що і

растрова. Причина в тому, що тут, на відміну від растрової графіки, мінімальної областю, зафарбовується однорідним кольором, є не один піксель, а один об'єкт. А розміри об'єкта значно більші;

- неможливе застосування великої бібліотеки ефектів (фільтрів), використовуваних при роботі з растровими зображеннями;

- складність для розуміння оточуючого нас світу у вигляді векторів початківцями користувачами. Спробуйте описати, наприклад, ранок в осінньому лісі математичними формулами;

- апаратні засоби для роботи з векторними малюнками (каттери, плоттери) більш складні і дорогі, ніж "залізо" в растровій графіці (монітори, сканери).

ТЕМА 5. ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕНЬ КООРДИНАТ

Геометрія перетворень

Симетрія навколо осі, що супроводжується симетрією навколо осі, паралельної першій, є переміщенням.

Симетрія навколо осі, що супроводжується симетрією навколо осі, не паралельної першому, є обертання навколо точки перетину двох осей.

У математиці **геометрія перетворень** це спосіб вивчення геометрії, зосереджуючись на групах геометричних перетворень та інваріантних під них. Вона протистоїть класичному підходу до синтетичної геометрії евклідової геометрії, що фокусується на геометричних конструкціях.

Наприклад, в рамках геометрії перетворення властивості рівнобедреного трикутника виводяться з того факту, що при симетричному відбитті однієї половини вона переходить в іншу половину. Це контрастує з класичними доказами за критеріями конгруентності трикутників.

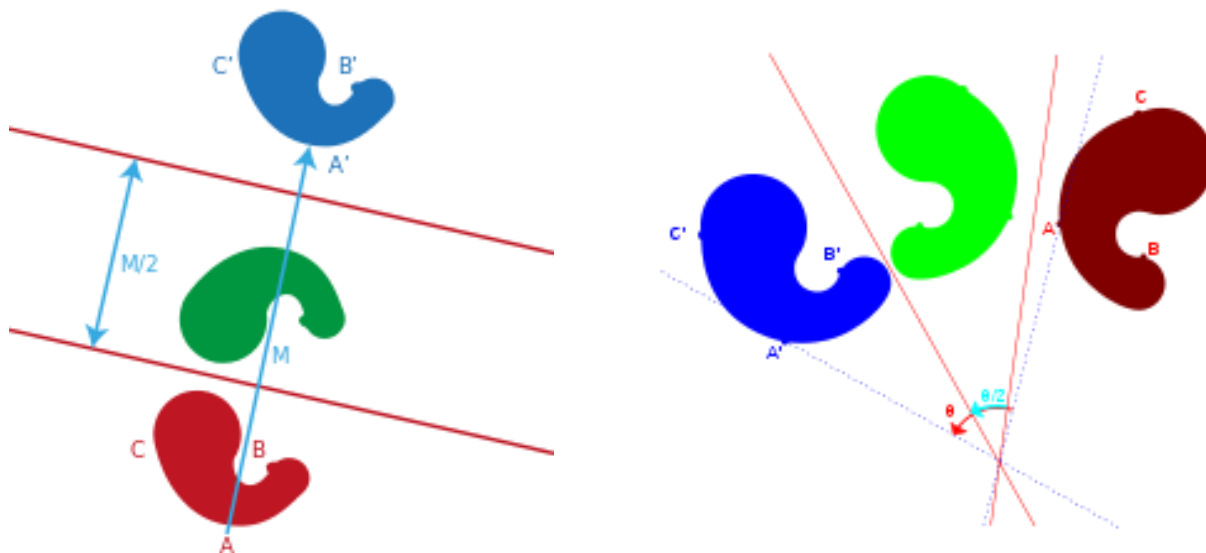


Рис. 23

Перші зусилля в використанні **геометрії перетворень** як основи геометрії були зроблені Феліксом Кляйном в XIX столітті в Ерлангенській програмі. Майже протягом сторіччя такий підхід був відомий лише в математичних кругах. У XX столітті були спроби використати його для математичної освіти. Андрій Колмогоров включив цей підхід (разом із Теорією Множин) як частину пропозиції щодо реформування викладання геометрії в Росії. Ці зусилля завершилися в 1960-х роках з загальною реформою викладання математики, відома під назвою «Нова математика».

Вивчення геометрії перетворень

Вивчення симетрії в повсякденному житті це перший крок до розуміння геометрії перетворень. Найпростішим перетворенням є симетрія навколо осі

або лінії. Композиція двох симетрії дозволяє обертати, коли лінії перетинаються, або переміщувати об'єкт, коли лінії паралельні. З цих перетворень можна вивести ізометрію евклідової площини (збереження кутів і довжин).

Більше того, враховуючи симетрії S_1 навколо вертикальної осі та S_2 навколо осі, нахиленої на 45° до горизонталі (починаючи знизу зліва направо), застосування S_1 , то S_2 відповідає обертанню чверті обертання за годинниковою стрілкою, а застосування S_2 та S_1 відповідає обертанню чверті обертання в напрямку проти годинникової стрілки. Такий приклад показує, що геометрія перетворень містить некоммутативні процеси (рис. 23).

Геометрія перетворень представляє альтернативне бачення, контрастне з класичною геометрією, і дозволяє відкрити шлях для аналітичної геометрії чи лінійної алгебри (в якій розширено поняття симетрії). Дійсно, можна також виразити геометрію перетворень завдяки складним числам, комплексним або завдяки матрицям.

У своєму нарисі про реструктуризацію курсів геометрії в Росії Колмогоров запропонував представити дисципліну щодо встановленої теорії, показуючи в школах термін геометричні конгруентності або рівність між цифрами: дві цифри рівні, якщо і лише якщо можна перетворити в іншу шляхом послідовних ізометрій, і навпаки.

Афінне перетворення

Афінне перетворення (лат. *affinis*, «пов'язаний з») – відображення $f: R^n \rightarrow R^n$, яке можна записати у вигляді

$$f(x) = M \cdot x + v$$

де невироджена матриця і $v \in R^n$.

Інакше кажучи, відображення називається афінним, якщо його можна отримати наступним способом.

Обрати «новий» базис простору з «новим» початком координат.

Координатам x кожної точки простору поставити у відповідність нові координати $f(x)$, які мають те саме положення в просторі відносно «нової» системи координат, яке координати x мали в «старій».

Представлення

Зазвичай лінійна алгебра використовує матриці для представлення лінійних перетворень, і векторну суму для представлення паралельних перенесень. За допомогою розширеної матриці можливо представити і те, і те як матричний добуток. Ця техніка вимагає розширити всі вектори додаванням «1» в кінці, всі матриці розширюються додаванням рядка нулів знизу, і колонки – вектора переноса – справа, а також одиниці в нижній правий кут. Якщо A матриця,

$$\begin{bmatrix} \vec{y} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & \vec{b} \\ 0, \dots, 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{x} \\ 1 \end{bmatrix}$$

те саме, що=

Таке представлення показує набір оборотних афінних перетворень як напівпрямий добуток K^n і $GL(n, k)$. Афінні перетворення утворюють групу щодо операції композиції відображень. Ця група називається афінною групою.

Зазвичай матрично-векторний добуток завжди відображає початок координат на початок координат, і, таким чином, не може представляти перенесення, яке обов'язково переносить початок координат в іншу точку. Додаванням «1» до кожного вектора, вважаємо простір відображенням на підмножину простору з одним додатковим виміром. В цьому просторі, початковий простір займає підмножину в якій останній індекс 1. Таким чином початок координат початкового простору буде знаходитися в $(0,0, \dots, 0,1)$. Перенесення всередині початкового простору в термінах лінійного перетворення простору з більшою кількістю вимірів стає можливим. Це є приклад однорідних координат.

Перевагою використання однорідних координат є те, що можливо комбінувати будь-яку кількість перетворень в одне шляхом перемноження матриць. Ця можливість використовується графічними програмами.

Властивості

Зображення папороті, яке демонструє афінну самоподібність (рис. 24).

При афінному перетворенні пряма переходить в пряму. Якщо розмірність простору $n \geq 2$, то будь-яке перетворення простору (тобто бієкція простору на себе), яке переводить прямі в прямі, є афінним. Це визначення використовується в аксіоматичній побудові афінної геометрії. Окремим випадком афінних перетворень є ізометрії та перетворення подібності. Афінні перетворення утворюють групу відносно композиції. Окремим випадком перспективної колінеації є перспективно-афінна відповідність плоских полів, встановлена паралельним проектуванням. Ці властивості паралельного проектування дозволяють встановити ті співвідношення між окремими елементами предмету, які відображаються при кресленні, тобто є інваріантами перетворення паралельним проектуванням.

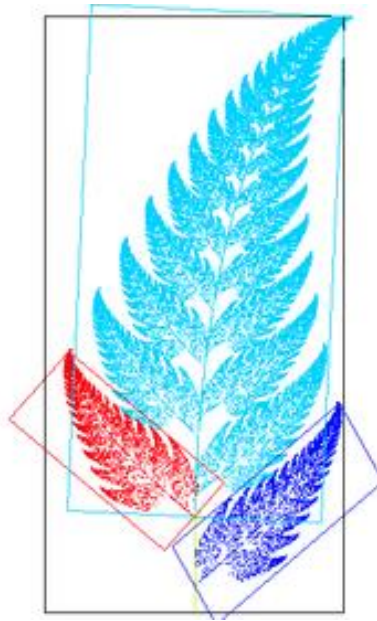


Рис. 24

Типи афінних перетворень

Еквіафінне перетворення – афінне перетворення, що зберігає площу.

Центроафінне перетворення – афінне перетворення, що зберігає початок координат.

Варіації і узагальнення

В наведеному вище визначенні афінного перетворення можна використовувати будь-яке поле, а не тільки поле дійсних чисел.

Відображення між метричними просторами називають афінним, якщо воно переводить геодезичні лінії в геодезичні лінії (з урахуванням параметризації).

Афінні перетворення простору R^n є підмножиною проєктивних перетворень того ж простору. В свою чергу, проєктивні перетворення простору R^n можна представити як афінні перетворення простору R^{n+1} .

ТЕМА 6. РОБОТА В СЕРЕДОВИЩІ PHOTOSHOP

Растрова графіка, загальні відомості

Комп'ютерне растрове зображення представляється у вигляді прямокутної матриці, кожна комірка якої представлена кольоровою точкою.

Основою **растрового** подання графіки є **піксель** (точка) із вказанням її кольору. При описі, наприклад, червоного еліпса на білому тлі необхідно вказати колір *кожної* точки еліпса й тла. Зображення представляється у вигляді великої кількості точок – чим їх більше, тим візуально якісніше зображення й більший розмір файлу. Тобто одна й та ж картинка може бути представлена із кращою або гіршою якістю відповідно до кількості точок на одиницю довжини – *розширенням* (звичайно, точок на дюйм – dpi або пікселів на дюйм – ppi).

Растрові зображення нагадують аркуш картатого паперу, на якому будь-яка клітинка зафарбована або чорним, або білим кольором, утворюючи в сукупності малюнок. **Піксель** – основний елемент растрових зображень. Саме з таких елементів складається растрове зображення, тобто растрова графіка описує зображення з використанням кольорових точок (**пікселів**), розташованих на сітці.

При редагуванні растрової графіки Ви редагуєте **пікселі**, а не **лінії**. Растрова графіка залежить від розширення, оскільки інформація, що описує зображення, прикріплена до сітки певного розміру. При редагуванні растрової графіки, якість її подання може змінитися. Зокрема, зміну розмірів растрової графіки може привести до «розмохначування» країв зображення, оскільки пікселі будуть перерозподілятися на сітці. Вивід растрової графіки на пристрій із більш низьким розширенням, чим розширення самого зображення, понизить його якість.

Крім того, якість характеризується ще й кількістю кольорів і відтінків, які може приймати кожна точка зображення. Чим більшою кількістю відтінків характеризується зображення, тим більша кількість розрядів потрібна для їхнього опису. Червоний може бути кольором номер 001, а може й – 00000001. Таким чином, чим якісніше зображення, тим більший розмір файлу.

Растрове подання звичайно використовують для зображень фотографічного типу з більшою кількістю деталей або відтінків. На жаль, масштабування таких картинок у будь-яку сторону звичайно погіршує якість. При зменшенні кількості точок губляться дрібні деталі й деформуються написи (правда, це може бути не так помітно при зменшенні візуальних розмірів самої картини – тобто збереженні розширення). Додавання пікселів приводить до погіршення різкості і яскравості зображення, тому що новим точкам доводиться давати відтінки, середні між двома й більше граничними кольорами.

За допомогою растрової графіки можна відбити й передати всю гаму відтінків і тонких ефектів, властивих реальному зображенню. Растрове зображення наближеніше до фотографії, воно дозволяє більш точно відтворювати основні характеристики фотографії: освітленість, прозорість і глибину різкості.

Найчастіше растрові зображення одержують за допомогою сканування фотографій і інших зображень, за допомогою цифрової фотокамери або шляхом

«захвату» кадру відеозйомки. Растрові зображення можна одержати й безпосередньо в програмах растрової або векторної графіки шляхом перетворенні векторних зображень.

Поширено формати **.tif, .gif, .jpg, .png, .bmp, .psx** і ін.

Растрові представлення зображень

Піксель – основний елемент растрових зображень. Саме з таких елементів складається растрове зображення.

Цифрове зображення – це сукупність пікселів. Кожен піксель растрового зображення характеризується координатами x і y і яскравістю $V(x, y)$ (для чорно-білих зображень). Оскільки пікселі мають дискретний характер, то їхні координати – це дискретні величини, звичайно цілі або раціональні числа. У випадку кольорового зображення, кожен піксель характеризується координатами x і y , і трьома яскравостями: яскравістю червоного, яскравістю синього і яскравістю зеленого кольорів (V_R, V_B, V_G). Комбінуючи дані три кольори можна одержати велику кількість різних відтінків.

Помітимо, що у випадку, якщо хоча б одна з характеристик зображення не є числом, то зображення відноситься до виду *аналогових*. Прикладами аналогових зображень можуть служити голограми й фотографії. Для роботи з такими зображеннями існують спеціальні методи, зокрема, оптичні перетворення. У ряді випадків аналогові зображення переводять у цифровий вид. Це завдання здійснює Image Processing.

Колір будь-якого пікселя растрового зображення запам'ятовується за допомогою комбінації бітів. Чим більше бітів для цього використовується, тим більше відтінків кольорів можна одержати. Під градацію яскравості звичайно приділяється 1 байт (256 градацій), причому 0 – чорний колір, а 255 – білий (максимальна інтенсивність). У випадку кольорового зображення приділяється по байті на градації яскравостей всіх трьох кольорів. Можливе кодування градацій яскравості іншою кількістю бітів (4 або 12), але людське око здатне розрізняти тільки 8 біт градацій на кожний колір, хоча спеціальна апаратура може зажадати й більш точну передачу кольорів. Кольори, описувані 24 бітами, забезпечують більше 16 мільйонів доступних кольорів і їх часто називають природними кольорами.

У колірних палітрах кожен піксель описаний кодом. Підтримується зв'язок цього коду з таблицею кольорів, що складає з 256 осередків. Розрядність кожного осередку- 24 розряди. На виході кожного осередку по 8 розрядів для червоної, зеленої й синьої кольорів.

Колірний простір, утворений інтенсивностями червоного, зеленого й синього, представляють у вигляді колірного куба (див. рис. 25).

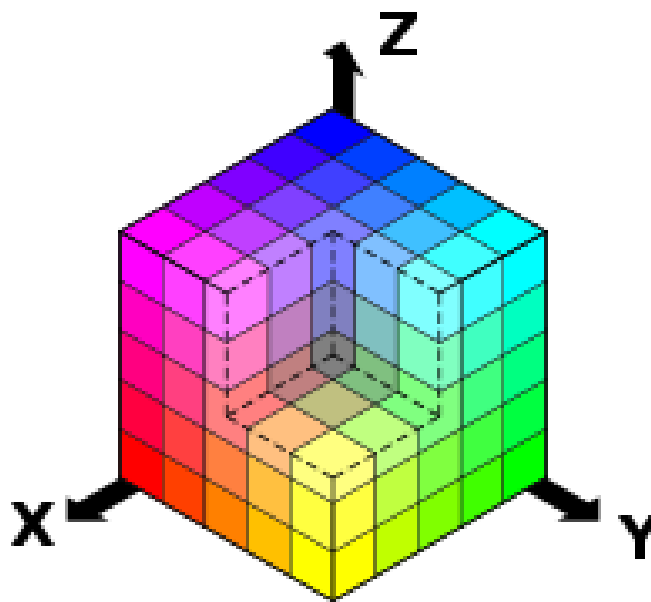
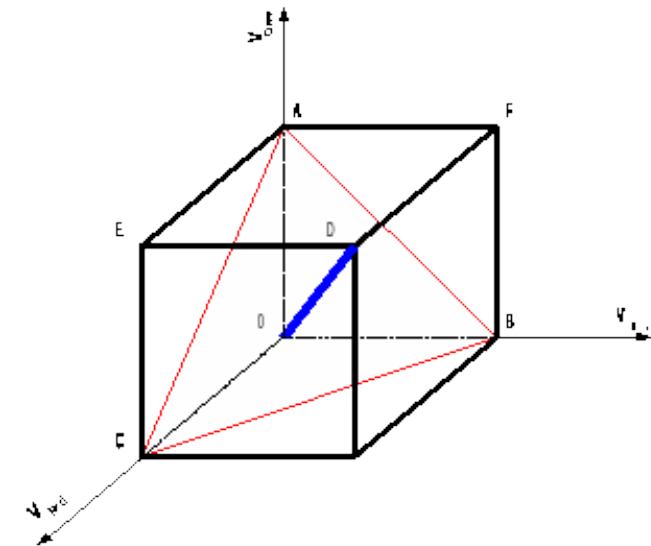


Рис. 25. Колірний Куб

Вершини куба А, В, С є максимальними інтенсивностями зеленого, синього і червоного відповідно, а трикутник, які вони утворюють, називається **трикутником Паскаля**. Периметр цього трикутника відповідає максимально насиченим кольорам. Колір максимальної насиченості містить завжди тільки два компоненти. На відрізьку OD перебувають відтінки сірого, причому точка О відповідає чорному, а точка D білому кольору.

Види растрів

Растр – це порядок розташування точок (растрових елементів). На рис. 26. зображено растр, елементами якого є квадрати, такий растр називається **прямокутним**, саме такі растри найбільш часто використовуються.

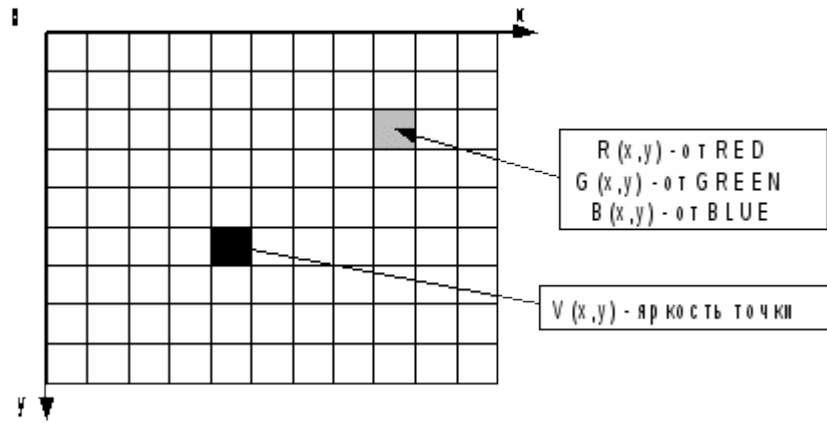


Рис. 26

Хоча можливо використання як растровий елемент фігури іншої форми: трикутника, шестикутника; відповідним наступним вимогам:

- всі фігури повинні бути однакові;
- повинні повністю покривати площину без перекривання й дірок.

Так, в якості растрового елемента можна використовувати рівносторонній трикутник рис. 27, правильного шестикутника (гексаєдра) рис. 28. Можна будувати растри, використовуючи неправильні багатокутники, але практичний зміст у подібних растрах відсутній.

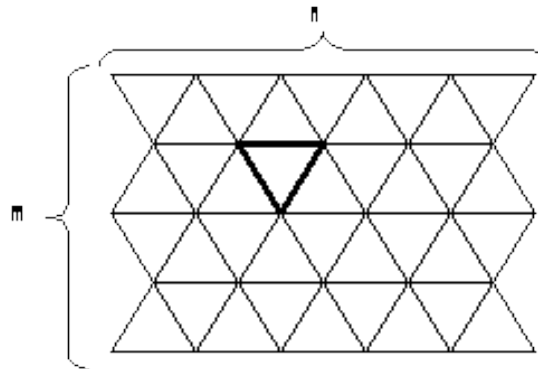


Рис. 27. Трикутний растр

Розглянемо способи побудови ліній у прямокутному й гексагональному растрі.

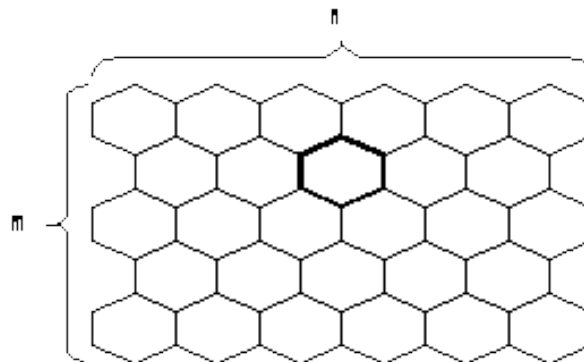


Рис. 28. «Гексагональний растр»

У прямокутному растрі побудова лінії здійснюється двома способами:

1. Результат – восьмизв'язана лінія. Сусідні пікселі лінії можуть перебувати в одному з восьми можливих (див. рис. 29а) положеннях. Недолік – занадто тонка лінія при куті 45° .

2. Результат – чотирьохзв'язана лінія. Сусідні пікселі лінії можуть перебувати в одному із чотирьох можливих (див. рис. 28б) положеннях. Недолік – надлишково товста лінія при куті 45° .

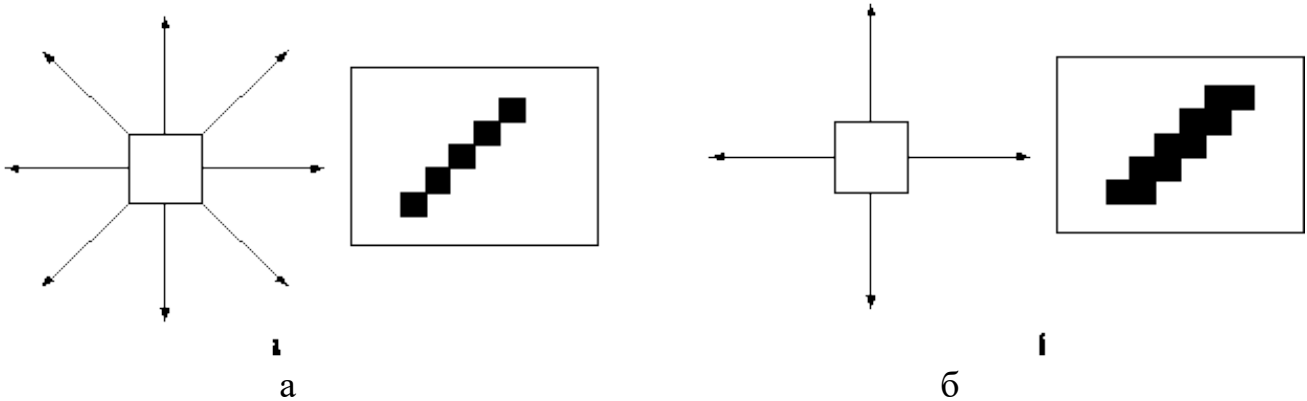


Рис. 28. Побудова лінії в прямокутному растрі

У гексагональному растрі лінії шестизв'язані (див. рис. 29) такі лінії більш стабільні по ширині, тобто дисперсія ширини лінії менша, ніж у квадратному растрі.

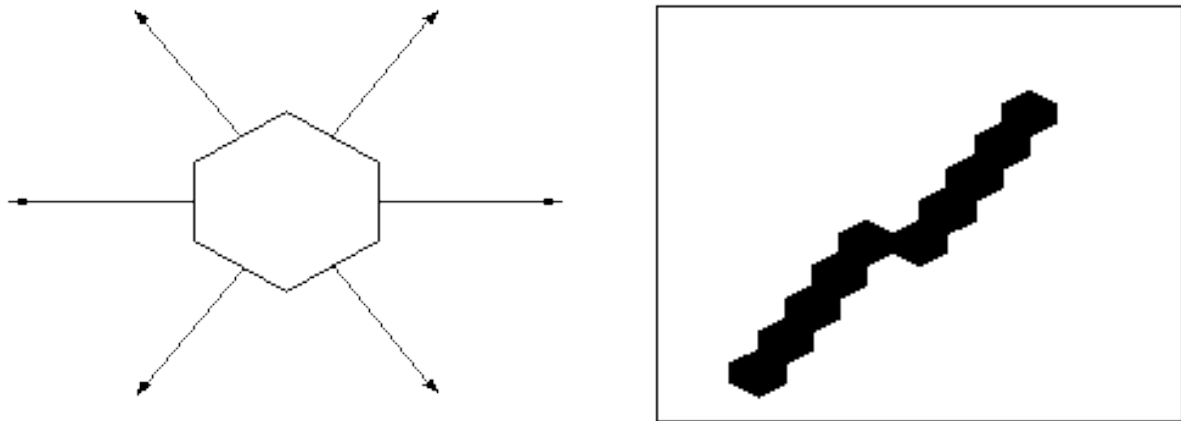


Рис. 29. Побудова лінії в гексагональному растрі

Одним зі способів оцінки растра є передача по каналі зв'язку кодованого, з урахуванням використовуваного растра, зображення з наступним відновленням і візуальним аналізом досягнутої якості. Експериментально й математично доведено, що гексагональний растр кращий, тому що забезпечує найменше відхилення від оригіналу. Але різниця невелика.

Моделювання гексагонального растра. Можлива побудова гексагонального растра на основі квадратного. Для цього шесикутник представляють у вигляді прямокутника.

Фактори, що впливають на кількість пам'яті, займаної растровим зображенням

Файли растрової графіки займають велику кількість пам'яті комп'ютера. Деякі картинки займають великий обсяг пам'яті через велику кількість пікселів, кожен з яких займає деяку частину пам'яті. Найбільший вплив на кількість пам'яті займаної растровим зображенням чинять три факти:

- розмір зображення;
- бітова глибина кольору;
- формат файлу, використовуваного для зберігання зображення.

Існує пряма залежність розміру файлу растрового зображення. Чим більше в зображенні пікселів, тим більший розмір файлу. Роздільна здатність зображення на величину файлу ніяк не впливає. Роздільна здатність впливає на розмір файлу тільки при скануванні або редагуванні зображень.

Зв'язок між бітовою глибиною й розміром файлу прямий. Чим більше бітів використовується в пікселі, тим більшим буде файл. Розмір файлу растрової графіки сильно залежить від формату обраного для зберігання зображення. За інших рівних умов, таких як розміри зображення й бітова глибина істотне значення має схема стиску зображення. Наприклад, BMP файл має, як правило, більші розміри, у порівнянні з файлами PCX і GIF, які у свою чергу більші ніж JPEG файл.

Багато файлів зображень мають власні схеми стиску, також можуть містити додаткові дані короткого опису зображення для попереднього перегляду.

Переваги й недоліки растрової графіки

Переваги:

Растрова графіка ефективно представляє реальні образи. Реальний світ складається з мільярдів дрібних об'єктів і людське око саме пристосоване для сприйняття величезного набору дискретних елементів, що утворюють предмети. На своєму вищому рівні якості - зображення виглядають цілком реально подібно до того, як виглядають фотографії в порівнянні з малюнками. Це вірно тільки для дуже деталізованих зображень, звичайно одержуваних скануванням фотографій. Крім природного виду растрові зображення мають інші переваги. Пристрої виводу, такі як лазерні принтери, для створення зображень використовують набори точок. Растрові зображення можуть бути дуже легко роздруковані на таких принтерах, тому що комп'ютерам легко управляти пристроєм виводу для подання окремих пікселів за допомогою точок.

Недоліки:

Растрові зображення займають велику кількість пам'яті. Існує так само проблема редагування растрових зображень, тому що більші растрові зображення займають значні масиви пам'яті, то для забезпечення роботи функцій редагування таких зображень споживаються так само значні масиви пам'яті й інші ресурси комп'ютера.

Про стиск растрової графіки

Як і більшість інформація, графіка може бути стиснута. Високоякісні зображення, як уже говорилося, мають розміри до декількох десятків мегабайтів. Для файлів графічних зображень розроблено безліч схем та алгоритмів стиску, основними з яких є наступні:

- груповий стиск;
- кодування методом Хаффмана;
- стиск за схемою LZW;
- арифметичний стиск;
- стиск із втратами;
- перетворення кольорів RGB у кольори YUV.

Іноді характеристики растрового зображення записують у такій формі: 1024x768x24. Це означає, що ширина зображення дорівнює 1024 пікселям, висота - 768 і глибина кольору дорівнює 24. 1024x768 – робочерозширення для 15 - 17 дюймових моніторів. Нескладно здогадатися, що розмір нестиснутого зображення з такими параметрами буде дорівнювати $1024 \cdot 768 \cdot 24 = 18874368$ байт. Це більше 18 мегабайт - занадто багато для однієї картинки, особливо якщо потрібно зберігати кілька тисяч таких картинок - це не так вже й багато по комп'ютерних мірках. От чому комп'ютерну графіку використовують майже завжди в стисломому виді (рис. 30).

RLE (RunLengthEncoding) – метод стиску, що полягає в пошуку послідовностей однакових пікселів у стиках растрового зображення («червоний, червоний, ..., червоний») записується як «N червоних»).

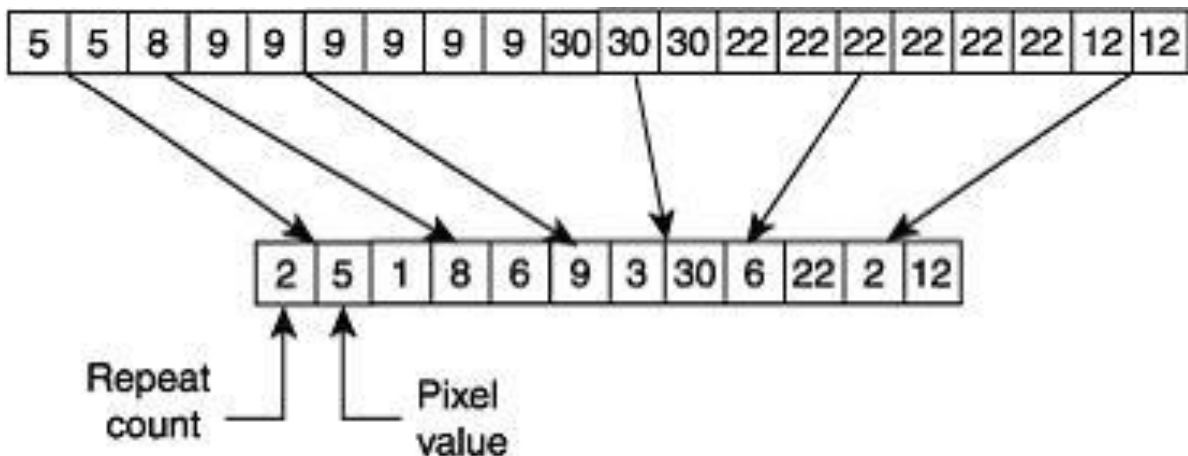


Рис. 30

LZW (Lempel-Ziv-Welch) – більш складний метод, шукає повторювані фрази – однакові послідовності пікселів різного кольору. Кожній фразі ставиться у відповідність деякий код, при розшифровці файлу код замінюється вихідною фразою.

При стиску файлів формату JPEG (із втратою якості) зображення розбивається на ділянки 8x8 пікселів, і в кожній ділянці їхні значення усереднюються. Усереднене значення розташовується в лівому верхньому куті блоку, інше місце займається меншими по яскравості пікселями. Потім

більшість пікселів обнулюються. При розшифровці нульові пік селі одержують однаковий колір. Потім до зображення застосовується алгоритм Хаффмана.

Алгоритм Хаффмана заснований на теорії імовірності. Спочатку елементи зображення (пікселі) сортуються по частоті зустрічальності. Потім з них будується кодове дерево Хаффмана. Кожному елементу зіставляється кодове слово. При прямуванні розміру зображення до нескінченності досягається максимальність стиску. Цей алгоритм також використовується в архіваторах.

Стиск застосовується й для векторної графіки, але тут уже немає таких простих закономірностей, тому що формати векторних файлів досить сильно різняться по змісту.

Геометричні характеристики растра

Для растрових зображень, що складаються із точок, особливу важливість має поняття *розширення*, що виражає кількість точок, що припадають на одиницю довжини. При цьому варто розрізняти:

- розширення оригіналу;
- розширення екранного зображення;
- розширення друкованого зображення.

Розширення оригіналу. Розширення оригіналу вимірюється в *точках на дюйм* (*dotsperinch – dpi*) і залежить від вимог до якості зображення й розміру файлу, способу оцифровки й створення вихідної ілюстрації, вибраному формату файлу й інших параметрів. У загальному випадку діє правило: чим вища вимога до якості, тим вище повинне бути розширення оригіналу.

Розширення екранного зображення. Для екранних копій зображення елементарну крапку растра прийнято називати *пикселом*. Розмір пікселя варіюється залежно від обраного *екранного розширення* (з діапазону стандартних значень), *розширення оригіналу* й масштаб відображення.

Монітори для обробки зображень із діагоналлю 20-21 дюйм (професійного класу), як правило, забезпечують стандартні екранні розширення 640x480, 800x600, 1024x768, 1280x1024, 1600x1200, 1600x1280, 1920x1200, 1920x1600 точок. Відстань між сусідніми точками люмінофора в якісного монітора становить 0,22-0,25 мм.

Для екранної копії досить розширення 72 dpi, для роздруківки на кольоровому або лазерному принтері 150–200 dpi, для виводу на пристрої, що фотоекспонує, 200–300 dpi. Установлено емпіричне правило, що при друці величина розширення оригіналу повинна бути в 1,5 рази більше, ніж *лініатура растра* пристрою виводу. У випадку, якщо тверда копія буде збільшена в порівнянні з оригіналом, ці величини варто помножити на коефіцієнт масштабування.

Розширення друкованого зображення й поняття лініатури. Розмір точки растрового зображення як на твердій копії (папір, плівка й т.д.), так і на екрані залежить від застосованого методу й параметрів *растрування* оригіналу. При раструванні на оригінал як би накладається сітка ліній, комірки якої утворюють *елемент растра*. Частота сітки растра вимірюється числом *ліній на дюйм* (*linesperinch – lpi*) і називається *лініатурою*.

Розмір точки растра розраховується для кожного елемента й залежить від інтенсивності тону в даній комірці. Чим більша інтенсивність, тим щільніше заповнюється елемент растра. Тобто, якщо в комірку потрапив абсолютно чорний колір, розмір точки растра зійдеться з розміром елемента растра. У цьому випадку говорять про 100% заповнюваності. Для абсолютно білого кольору значення заповнюваності складе 0%. На практиці заповнюваність елемента на відбитку звичайно становить від 3 до 98%. При цьому всі точки растра мають однакову оптичну щільність, в ідеалі, що наближається до абсолютно чорного кольору. Ілюзія більш темного тону створюється за рахунок збільшення розмірів точок і, як наслідок, скорочення проміжного поля між ними при однаковій відстані між центрами елементів растра. Такий метод називають раструванням з *амплітудною модуляцією (AM)*.

Таким чином, що роздільна здатність характеризує відстань між сусідніми пікселями (рис. 31.). Роздільну здатність вимірюють кількістю пікселів на одиницю довжини. Найбільш популярною одиницею вимірує **dpi** (dotsperinch) – кількість пікселів в одному дюймі довжини (2.54 см). Не слід ототожнювати крок з розмірами пікселів - розмір пікселів може бути рівним кроку, а може бути як меншим, так і більшим, ніж крок.

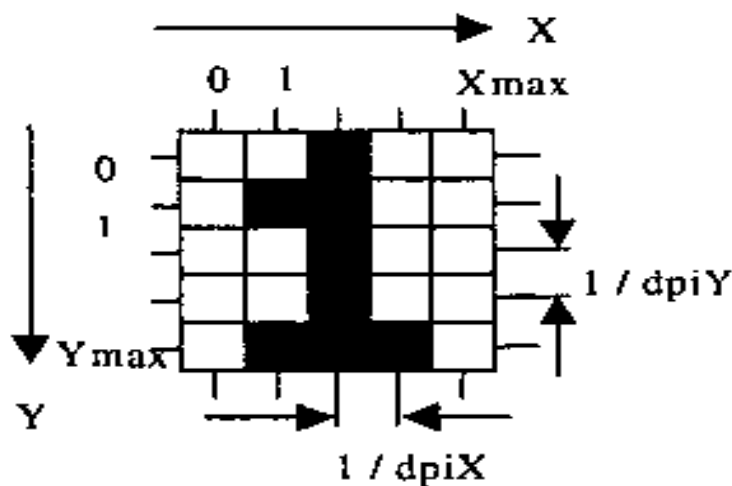


Рис. 31. Растр

Розмір растра звичайно виміряється кількістю пікселів по горизонталі й вертикалі. Можна сказати, що для комп'ютерної графіки найчастіше найбільш зручний растр із однаковим кроком для обох осей, тобто $\text{dpiX} = \text{dpiY}$. Це зручно для багатьох алгоритмів виводу графічних об'єктів. Інакше – проблеми. Наприклад, при малюванні кола на екрані дисплея EGA (застаріла модель комп'ютерної відеосистеми, її растр-прямокутний, пікселі розтягнуті по висоті, тому для зображення кола необхідно генерувати еліпс).

Форма пікселів растра визначається особливостями пристрою графічного виводу (рис. 32). Наприклад, пікселі можуть мати форму прямокутника або квадрата, які по розмірах рівні кроку растра (дисплей на рідких кристалах); пікселі круглої форми, які по розмірах можуть і не дорівнювати кроку растра (принтери).

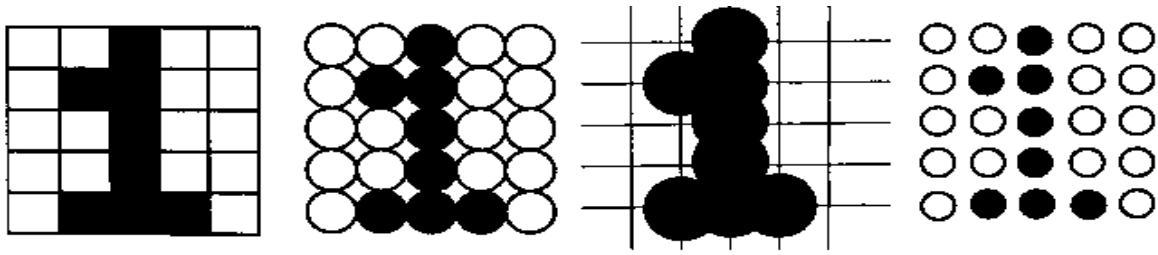


Рис. 32. Приклади показу того самого зображення на різних растрах

Інтенсивність тону (так звану *светлоту*) прийнято підрозділяти на 256 рівнів. Більше число градацій не сприймається зором людини і є надлишковим. Менше число погіршує сприйняття зображення (мінімально припустимим для якісної напівтонової ілюстрації прийняте значення 150 рівнів). Неважко підрахувати, що для відтворення 256 рівнів тону досить мати розмір комірки растра $256 = 16 \times 16$ точок.

При виводі копії зображення на принтері або поліграфічному устаткуванні лініатуру растра вибирають, виходячи з компромісу між необхідною якістю, можливостями апаратури й параметрами друкованих матеріалів. Для лазерних принтерів що рекомендується лініатура становить 65-100 dpi, для газетного виробництва – 65-85 dpi, для книжково-журнального – 85-133 dpi, для художніх і рекламних робіт – 133-300 dpi.

Динамічний діапазон. Якість відтворення тонових зображень прийнято оцінювати *динамічним діапазоном (D)*. Це *оптична щільність*, чисельно рівна десятковому логарифму величини, зворотна *коефіцієнту пропускання* (для оригіналів, розглянутих “на просвіт”, наприклад слайдів) або *коефіцієнту відбиття* (для інших оригіналів, наприклад поліграфічних відбитків).

Для оптичних середовищ, що пропускають світло, динамічний діапазон лежить у межах від 0 до 4. Для поверхонь, що відбивають світло, значення динамічного діапазону становить від 0 до 2. Чим вищий динамічний діапазон, тим більше число півтонів присутнє у зображенні й тем краща якість його сприйняття.

У цифровому світі комп'ютерних зображень терміном піксель позначають кілька різних понять. Це може бути окрема точка екрана комп'ютера, окрема точка надрукована на лазерному принтері або окремий елемент растрового зображення. Ці поняття не одне й теж, тому щоб уникнути плутанини варто називати їхній у такий спосіб: відео піксель при посиленні на зображення екрана комп'ютера; точка при посиленні на окрему точку, створювану лазерним принтером. Існує коефіцієнт прямокутності зображення, що уведений спеціально для зображення кількості пікселів матриці малюнка по горизонталі й по вертикалі.

Вертаючись до аналогії з аркушем паперу можна помітити, що будь-який растровий малюнок має певну кількість пікселів у горизонтальних і

вертикальних рядах. Існують наступні коефіцієнти прямокутності для екранів: 320x200, 320x240, 600x400, 640x480, 800x600 і ін. Цей коефіцієнт часто називають розміром зображення. Добуток цих двох чисел дає загальна кількість пікселів зображення.

Існує також таке поняття як коефіцієнт прямокутності пікселів. На відміну від коефіцієнта прямокутності зображення він відноситься до реальних розмірів відео пікселя і є відношенням реальної ширини до реальної висоти. Даний коефіцієнт залежить від розміру дисплея й поточного розширення, і тому на різних комп'ютерних системах приймає різні значення. Колір будь-якого пікселя растрового зображення запам'ятовується в комп'ютері за допомогою комбінації бітів. Чим більше бітів для цього використовується, тим більше відтінків кольорів можна одержати. Число бітів, використовуваних комп'ютером для будь-якого пікселя, називається бітовою глибиною пікселя. Найбільш просте растрове зображення складається з пікселів що мають тільки два можливих кольори чорний та білий, і тому зображення, що складаються з пікселів цього виду, називаються однобітовими зображеннями. Число доступних кольорів або градацій сірого кольору дорівнює 2 у ступені рівній кількості бітів у пікселі.

Кольори, описувані 24 бітами, забезпечують більше 16 мільйонів доступних кольорів і їх часто називають природними кольорами. Растрові зображення мають безліч характеристик, які повинні бути організовані й фіксовані комп'ютером.

Розміри зображення й розташування пікселів у ньому це дві основних характеристики, які файл растрових зображень повинен зберегти, щоб створити картинку. Навіть якщо зіпсовано інформацію про колір будь-якого пікселя й будь-яких інших характеристиках комп'ютер однаково зможе відтворити версію малюнка, якщо буде знати, як розташовані всі його пікселі. Піксель сам по собі не має ніякого розмір, він усього лише область пам'яті комп'ютера, що зберігає інформацію про колір, тому коефіцієнт прямокутності зображення не відповідає ніякій реальній розмірності. Знаючи тільки коефіцієнт прямокутності зображення з деякою роздільною здатністю можна визначити справжні розміри малюнка. Оскільки розміри зображення зберігаються окремо, пікселі запам'ятовуються один за іншим, як звичайний блок даних. Комп'ютеру не доводиться зберігати окремі позиції, він усього лише створює сітку по розмірах заданим коефіцієнтом прямокутності зображення, а потім заповнює її пікселем за пікселем.

Кількість кольорів растрового зображення

Кількість кольорів (глибина кольору) – також одна з найважливіших характеристик растра. Кількість кольорів є важливою характеристикою для будь-якого зображення, а не тільки растрового.

Класифікуємо зображення в такий спосіб:

- Двоколірні (бінарні) – 1 біт на піксель . Серед двоколірних найчастіше зустрічаються чорно-білі зображення.
- Напівтонові – градації сірого або іншого кольору. Наприклад, 256 градацій (1 байт на піксель).
- Кольорові зображення. Від 2 біт на піксель і вище. Глибина кольору 16 біт на піксель(65 536 кольорів) одержала назву **HighColor**, 24 біт на піксель(16,7 млн кольорів) – **TrueColor**. У комп'ютерних графічних системах використовують і більшу глибину кольору - 32, 48 і більше біт на піксель .

Роздільна здатність

Роздільна здатність - це кількість елементів у заданій області. Цей термін застосуємо до багатьох понять, наприклад, таких як:

- Роздільна здатність графічного зображення;
- Роздільна здатність принтера як пристрою виводу;
- Роздільна здатність миші як пристрою введення.

Наприклад, роздільна здатність лазерного принтера може бути задана 300 dpi (dotperinche - точок на дюйм), що означає здатність принтера надрукувати на відрізьку в один дюйм 300 окремих точок. У цьому випадку елементами зображення є лазерні точки, а розмір зображення вимірюється в дюймах.

Роздільна здатність графічного зображення вимірюється в пікселях на дюйм. Відмітимо, що піксель у комп'ютерному файлі не має певного розміру, тому що зберігає лише інформацію про свій колір. Фізичний розмір піксель здобуває при відображенні на конкретному пристрої виводу, наприклад, на моніторі або принтері.

Для екранної копії досить розширення 72 dpi, для друку на кольоровому або лазерному принтері 150-200 dpi, для виводу на пристрої, що фотоекспонує, 200-300 dpi. Установлено емпіричне правило, що при друці величина розширення оригіналу повинна бути в 1,5 рази більша, ніж *лініатура* пристрою виводу.

Розширення друкованого зображення й поняття лініатури. Розмір точки растрового зображення як на твердій копії (папір, плівка й т.д.), так і на екрані залежить від застосованого методу й параметрів растрування оригіналу. При раструванні на оригінал як би накладається сітка ліній, осередку якої утворюють елемент растра. Частота сітки растра вимірюється числом ліній на дюйм і називається *лініатура*.

Роздільна здатність технічних пристроїв по-різному впливає на вивід векторної й растрової графіки.

Так, при виводі векторного малюнка використовується максимальне розширення пристрою виводу. При цьому команди, що описують зображення, повідомляють пристрій виводу положення й розміри якого-небудь об'єкта, а

пристрій для його промальовування використовує максимально можливу кількість точок. Таким чином, векторним об'єкт, наприклад, коло, роздрукована на принтерах різної якості, має на аркуші паперу однакові положення й розміри. Однак більш гладко коло виглядає при друці па принтер із більшою роздільною здатністю, тому що складається з більшої кількості точок принтера.

Значно більший вплив роздільна здатність пристрою виводу робить на вивід растрового малюнка. Якщо у файлі растрового зображення не визначено, скільки пікселів на дюйм повинен створювати пристрій виводу, то за замовчуванням для кожного пікселя використовується мінімальний розмір. У випадку лазерного принтера мінімальним елементом служить лазерна точка, у моніторі – відеопіксель. Так як пристрої виводу відрізняються розмірами мінімального елемента, що може бути ними створений, то розмір растрового зображення при виводі на різних пристроях також буде неоднаковий.

Засоби для роботи з растровою графікою

У великому класі програм для обробки растрової графіки особливе місце займає пакет Photoshop компанії Adobe. Сьогодні він є стандартом у комп'ютерній графіці, і всі інші програми незмінно порівнюють саме з ним.

Головні елементи керування програми Adobe Photoshop зосереджені в рядку меню й панелі інструментів. Особливу групу становлять діалогові вікна - інструментальні палітри:

- **Палітра Кисті** управляє настроюванням параметрів інструментів редагування. У режим редагування кисті входять після подвійного клацання на її зображенні в палітрі. Клацання при натиснутій клавіші CTRL знищує кисть. Подвійним клацанням на вільному полі палітри відкривають діалогове вікно формування нової кисті, що автоматично додається в палітру.
- **Палітра Параметри** служить для редагування властивостей поточного інструмента. Відкрити її можна не тільки з рядка меню, але й подвійним клацанням на значку інструмента в панелі інструментів. Склад елементів керування палітри залежить від обраного інструмента.
- **Палітра Інфо** забезпечує інформаційну підтримку засобів відображення. На ній представлені: поточні координати курсора миші, розмір поточної виділеної області, колірні параметри елемента зображення й інших даних.
- **Палітра Навігатор** дозволяє переглянути різні фрагменти зображення й змінити масштаб перегляду. У вікні палітри поміщена мініатюра зображення з виділеною областю перегляду.
- **Палітра Синтез** відображає колірні значення поточних кольорів переднього плану й тла. Повзунки на колірній лінійці відповідної колірної системи дозволяють редагувати ці параметри.
- **Палітра Зразки** містить набір доступних кольорів. Такий набір можна завантажити й відредагувати, додаючи й видаляючи кольори. Колірний

тон переднього плану й тла вибирають із кладу набору. У стандартному комплекті програми передбачено кілька колірних наборів, в основному компанії Pantone.

- **Палітра Шари** служить для керування відображенням всіх шарів зображення, починаючи із самого верхнього. Можливе визначення параметрів шарів, зміна їхнього порядку, операції із шарами із застосуванням різних методів.
- **Палітру Канали** використовують для виділення, створення, дублювання й видалення каналів, визначення їхніх параметрів, зміни порядку, перетворення каналів у самостійні об'єкти й формування сполучених зображень із декількох каналів.
- **Палітра Контури** містить список всіх створених контурів. При перетворенні контуру у виділену область його використовують для формування контуру, що обробляється.
- **Палітра Дії** дозволяє створювати макрокоманди – задану послідовність операцій із зображенням. Макрокоманди можна записувати, виконувати, редагувати, видаляти, зберігати у вигляді файлів.

Особливу групу програмних засобів обробки зображень представляють **Фільтри**. Модулі, що підключаються до програми, часто третіх фірм, що дозволяють обробляти зображення по заданому алгоритмі. Іноді такі алгоритми бувають дуже складними, а вікно фільтра може мати безліч параметрів, що набудовуються. Із груп фільтрів популярні продукти серій Kai's PowerTools, AlienSkin, Andromeda і інші.

ТЕМА 7. КОЛІРНІ МОДЕЛІ ТА СИСТЕМИ

Система кольорів

Чому так багато колірних схем? Насправді їх не так вже і багато. В цілому їх все можна поділити на два типи: схеми представлення кольору від випромінюваного і відображеного світла. У нашому випадку випромінюючим об'єктом є екран монітора; об'єктом, що відображає, є папір, фарба, пігмент, які самі не випромінюють світла, а відображають світло, яке йде або від сонця, або від штучного джерела освітлення.

Людське око не здатне відрізнити колір певного кольору від кольору, одержаного шляхом змішування інших кольорів. Відвіку люди помітили цю особливість, і замість того щоб створювати мільйони фарб різних відтінків, традиційно використовується лише невелике обмежене їх число (від сотні до трьох), а всі інші фарби одержують шляхом змішування початкових. Ці початкові кольори називаються "первинними" – primary colors.

Людське око здатне розрізнити не більш мільйона кольорів. Тобто фактично зображення з великою кількістю кольорів робити не має сенсу, оскільки для людини виглядатимуть однаково.

У зв'язку з цим визначаються **колірні схеми (color schemes)** – набір первинних кольорів, використовуваних для отримання всіх інших кольорів (рис. 33).

Система RGB. Екран (як і будь-яке інше не випромінююче світло тіло) – спочатку темний. Його початковим кольором є чорний. Інші кольори на ньому одержують шляхом використання комбінації таких трьох кольорів (традиційно в кольорових кінескопах використовуються три "гармати"), які в своїй суміші повинні утворити білий колір. Дослідним шляхом була виведена комбінація "червоний, зелений, синій" – RGB – red/green/blue. Чорний колір в схемі відсутній, оскільки ми його і так маємо – це колір "чорного" екрану. Отже відсутність кольору в схемі RGB відповідає чорному кольору.

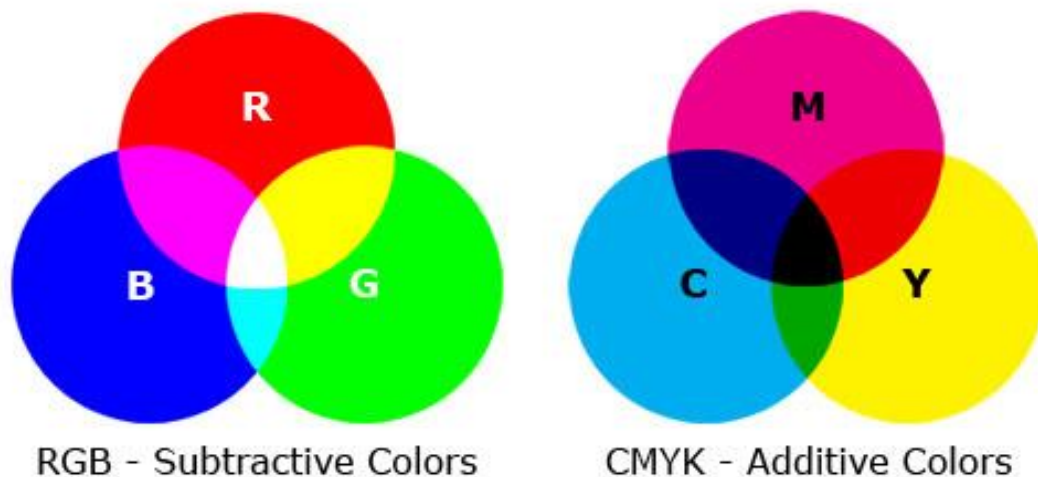


Рис. 33

Ця система кольорів називається **аддитивною (additive)**, що в грубому перекладі означає "складаюча/доповнююча". Іншими словами ми беремо чорний колір (відсутність кольору) і додаємо до нього первинні кольори, складаючи їх один з одним до білого кольору.

Якість зображення на екрані залежить від таких чинників, як якість монітора (наскільки добре він дає "чорний" колір, наскільки дрібні точки, що утворюють зображення на екрані), якість відеосистеми (наскільки добре вона складає всі кольори з комбінації трьох кольорів), іноді від навколишнього освітлення (у темній кімнаті або на яскравому сонці).

Система СМУК. Папір є спочатку білим. Це означає, що він володіє здатністю відображати весь спектр кольорів світла, яке на нього потрапляє. Чим якісніший папір, чим краще він відображає всі кольори, тим він нам здається біліше. Чим гірший папір, чим більше в ньому домішок і менше білил, тим гірше він відображає кольори, і ми вважаємо його сірим.

Протилежний приклад – асфальт. Тільки що встановлений хороший асфальт (без домішок гальки) – ідеально чорний. Тобто насправді колір його нам не відомий, але він такий, що поглинає всі кольори світла, яке на нього падає і тому він нам здається чорним. З часом, коли по асфальту починають ходити пішоходи або їздити машини, він стає "брудним" – тобто на його поверхню потрапляють речовини, які починають відображати видиме світло (пісок, пил, галька). Асфальт перестає бути чорним і стає "сірим".

Барвники є речовинами, які поглинають певний колір. Якщо барвник поглинає всі кольори окрім червоного, то при сонячному світлі, ми побачимо "червоний" барвник і вважатимемо його "червоною фарбою". Якщо ми подивимося на це барвник при світлі синьої лампи, він стане чорним і ми помилково приймемо його за "чорну фарбу".

Шляхом нанесення на білий папір різних барвників, ми зменшуємо кількість кольорів, які він відображає. Пофарбувавши папір певною фарбою ми можемо зробити так, що всі кольори падаючого світла поглинатимуться

барвником окрім одного – синього. І тоді папір нам здаватиметься фарбуючим в синій колір. І так далі.

Відповідно, існують комбінації кольорів, змішуючи які ми можемо повністю поглинути всі кольори, що відбиваються папером, і зробити його чорною. Дослідним шляхом була виведена комбінація "**фуксин-ціан-жовтий**" (СМУ) – **cyan/magenta/yellow**.

У ідеалі, змішуючи ці кольори, ми повинні були б одержати чорний колір. Проте на практиці так не виходить через технічні якості барвника. У кращому випадку, що ми можемо одержати, – це темно-бурий колір, який лише віддалено нагадує чорний. Більш того вельми безрозсудно було б використовувати всі три дорогі фарби тільки для того, щоб одержати елементарний чорний колір. Тому в тих місцях, де потрібен чорний, замість комбінації трьох фарб наноситься звичайний дешевший чорний барвник. І тому до комбінації СМУ звичайно додається буква К (blacK) – яка означає чорний колір.

Білий колір в схемі відсутній, оскільки його ми і так маємо – це колір паперу. У тих місцях, де потрібен білий колір, фарба просто не наноситься. Значить відсутність кольору в схемі СМУК відповідає білому кольору.

Ця система кольорів називається субтрактивною (subtractive), що в грубому перекладі означає "віднімаюча/виключаюча". Іншими словами ми беремо білий колір (присутність всіх кольорів) і, наносячи і змішуючи фарби, видаляємо з білого певні кольори аж до повного видалення всіх кольорів – тобто одержуємо чорний.

Якість зображення на папері залежить від багатьох чинників: якості паперу (наскільки він білий), якості барвників (наскільки вони чисті), якості поліграфічної машини (наскільки точно і дрібно вона наносить фарби), якості розділення кольорів (наскільки точно складне поєднання кольорів розкладене на три кольори), якості освітлення (наскільки повний спектр кольорів в джерелі світла - якщо він штучний).

Перехід з однієї системи в іншу. Головна трудність при переході з системи RGB в СМУК полягає у тому, що на папері (у системі СМУК) не можуть бути представлені деякі кольори, які з легкістю можна представити на екрані. Якщо на екрані просто можна зробити відтінок кольору з точністю до біта, то в змішуванні барвників (при їх неідеальній якості) такої точності добитися просто неможливо. Тому часто те, що на екрані виглядає приголомшуюче, на папері виглядає блякло і непривабливо.

У деяких програмах можна наперед перейти в режим СМУК і створювати зображення в цій схемі.

Нова модель цифрового кольору - новий погляд на колір

COLORCUBE – це тривимірний модель, за допомогою якої можна вивчати теорію цифрового кольору. Це елегантне представлення кольорів ліквідує прірву між аддитивною і субтрактивною системою кольорів, а також визначає методи, за допомогою яких кольори зберігаються, обробляються і відтворюються в комп'ютерній технології (рис. 34).



Рис. 34

Іншою популярною колірною системою є **HSL** (від "**hue/ saturation/ lightness**" – "**колір/насиченість/яскравість**"). У цієї системи є декілька варіантів, де замість насиченості використовується хроматичність (chroma), світимість (luminance) разом з яскравістю (value) (HSV/HLV). Саме ця система відповідає тому, як людське око бачить колір.

Аддитивний і субтрактивний колір. Телевізори, камери, сканери, монітори комп'ютерів засновані на аддитивній системі відтворення кольорів (RGB), де червоний (R), зелений (G) і синій (B) в комбінації створюють білий. Офсетний друк, цифровий друк, фарби, пластик, тканина і фотографія засновані на субтрактивній системі кольору (CMY/CMYK), де суміш ціану (C), фуксину (M) і жовтого (Y) створюють чорний колір (K).

Зберігання зображень в комп'ютері. Всі цифрові пристрої роботи з кольором зберігають, обробляють і відтворюють колір і кольорові зображення за допомогою значень RGB. Для того, щоб зберегти цифрове зображення, його спочатку треба розбити на сітку дрібних пікселів (точок). Кожен піксель заміряється на кількість в ньому червоного, зеленого і синього кольорів. Потім все зображення в цілому записується піксель за пікселем. Для зберігання зображення площею 3 квадратні дюйми з дозволом 150 точок на дюйм потрібно 202.500 пікселів або 607.500 байт.

ТЕМА 8. ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Робота в середовищі Autodesk 3dsMax

Введення в тривимірну графіку. Основні принципи роботи в 3ds max. Моделювання. Створення тривимірної анімації. Текстурування об'єкта. Освітлення сцени. Віртуальні камери. Візуалізація готової сцени.

Що таке 3D графіка?

Вступ. Питання про те, що ж є двигуном усієї комп'ютерної індустрії, давно турбує багатьох користувачів. Чи то це фірма Intel, що, не перестаючи, випускає і випускає нові процесори. Але хто тоді змушує їх купувати? Може, в усьому винуватий Microsoft, що безупинно робить свої вікна більше і краше? Так ні, можна адже задовольнитися старими версіями програм – тим більше спектр їхніх можливостей практично не змінюється. Висновок напрашується сам собою – в усьому винуваті ігри. Так, саме ігри прагнуть усе більш і більш уподібнитися реальному світу, створюючи його віртуальну копію, хочуть усе більш могутніх ресурсів. Вся історія комп'ютерної графіки на РС є тому підтвердженням. Згадаєте, на початку були тетріси, дигтери, арканіди. Уся графіка полягала в перемальюванні невеликих ділянок екрана, спрайтів, і нормально працювала навіть на XT. Але пройшли ті часи. Зійшла зірка симуляторів. З виходом таких ігор, як F19, Formula 1 і т.п., у яких приходилося вже перемальювати весь екран, попередньо заготовлюючи його в пам'яті, усім нам довелося обзавестися, принаймні, 286 процесором. Але прогрес на цьому не зупинився. Бажання уподібнити віртуальний світ у грі реальному світу підсилювалося, і з'явився Wolf 3D. Це, можна сказати, перша 3D-гра, у якій був змодельований який-ніякий, але все-таки реалістичний світ. Для його реалізації довелося використовувати верхню (більш 640 Кб) пам'ять і загнути програму в захищений режим. Для повноцінної гри довелося установити процесор 80386. Але і світ Wolf 3D страждав недоліками. Хоча стіни і були не просто одноколірними прямокутниками, але для їхнього зафарбування використовувалися текстури з невеликим дозволом, тому поверхні виглядали пристойно лише на відстані. Звичайно, можна було піти по шляху нарощування дозволу текстур, згадаємо, наприклад, DOOM. Тоді нам довелося знову перейти на більш новий процесор і збільшити кількість пам'яті. Правда, усе рівно, хоча зображення і покращилося, але йому були присущі всі ті ж недоліки. Та й плоскі об'єкти і монстри – кому це цікаво. Отут те і зійшла зірка Quake. У цій грі був застосований революційний підхід – z-буфер, що дозволив додати об'ємність всім об'єктам. Однак уся гра все рівно працювала в невисокому дозволі і не відрізнялася високою реалістичністю. Назрівало нове апаратне рішення. І рішення це виявилось, узагалі ж, що лежить на поверхні. Раз користувачі хочуть грати в тривимірному віртуальному світі, то процес його створення (згадаємо хвилини чекання, проведені за 3D Studio перед появою чергової картинки) треба кардинально прискорити. А раз центральний процесор з цією задачею справляється з рук геть погано, було прийнято революційне рішення – зробити спеціалізований. Отут те і виліз виробник ігрових автоматів

3Dfx, що зробив цю казку минулим за допомогою свого графічного процесора Voodoo. Людство зробило ще один крок у віртуальний світ. А оскільки операційної системи на РС з текстурними вікнами, що спливають назад, у туман, поки ні, і не передбачається, весь апарат тривимірної графіки можна поки застосувати тільки до ігор, що успішно робить усе цивілізоване людство.

Модель. Для зображення тривимірних об'єктів на екрані монітора потрібно проведення серії процесів (звичайно називаних конвеєром) з наступною трансляцією результату в двовимірний вид. Спочатку, об'єкт представляється у виді набору крапок, чи координат, у тривимірному просторі. Тривимірна система координат визначається трьома осями: горизонтальної, вертикальної і глибини, звичайно називаних, відповідно осями x , y і z . Об'єктом може бути будинок, людина, машина, чи літак цілий 3D світ і координати визначають положення вершин (вузлових крапок), з яких складається об'єкт, у просторі. З'єднавши вершини об'єкта лініями, ми одержимо каркасну модель, названу так через те, що видимими є лише краї поверхонь тривимірного тіла. Каркасна модель визначає області, що складають поверхні об'єкта, що можуть бути заповнені кольором, текстурами і висвітлюватися променями світла.

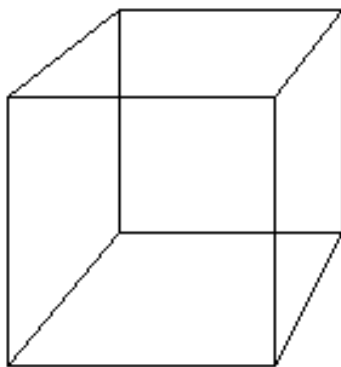


Рис. 35

Каркасна модель куба (рис. 35) Навіть при такім спрощеному поясненні конвеєра 3D графіки стає ясно, як багато потрібно обчислень для промальовування тривимірного об'єкта на двовимірному екрані. Можна представити, наскільки збільшується обсяг необхідних обчислень над системою координат, якщо об'єкт рухається.

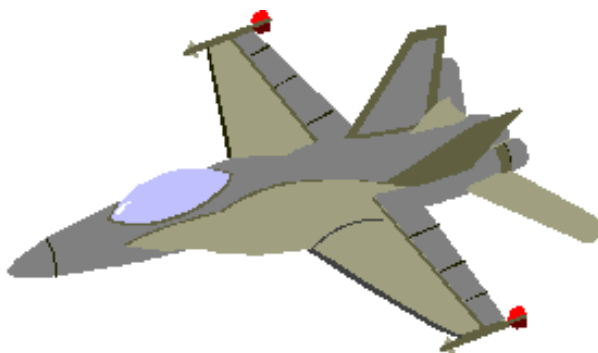


Рис. 36. Модель літака з зафарбованими поверхнями

Роль API. Програмувальний інтерфейс додатків (API) складається з функцій, керуючих 3D конвеєром на програмному рівні, але при цьому може використовувати переваги апаратної реалізації 3D, у випадку наявності цієї можливості. Якщо мається апаратний прискорювач, API використовує його переваги, якщо ні, то API працює з оптимальними налаштуваннями, розрахованими на самі звичайні системи. Таким чином, завдяки застосуванню API, будь-яка кількість програмних засобів може підтримуватися будь-якою кількістю апаратних 3D прискорювачів. Для додатків загального і розважального напрямку, існують наступні API:

- Microsoft Direct3D
- Criterion Renderware
- Argonaut BRender
- Intel 3DR

Компанія Apple просуває свій власний інтерфейс Rave, створений на основі їх власного API Quickdraw 3D. Для професійних додатків, що працюють під керуванням WindowsNT домінує інтерфейс OpenGL. Компанія Autodesk, найбільший виробник інженерних додатків, розробила свій власний API, названий Heidi. Свої API розробили і такі компанії, як Intergraph – RenderGL, і 3DFX – GLide. Існування і доступність 3D інтерфейсів, що підтримують безліч графічних підсистем і додатків, збільшує потреба в апаратних прискорювачах тривимірній графіці, що працюють у режимі реального часу. Розважальні додатки, головний споживач і замовник таких прискорювачів, але не варто забувати і про професійні додатки для обробки 3D графіки, що працюють під керуванням Windows NT, багато хто з яких переносяться з високопродуктивних робочих станцій, типу Silicon Graphics, на PC платформу. Інтернет додатки сильно виграють від неймовірної маневреності, інтuitивності і гнучкості, що забезпечує застосування тривимірного графічного інтерфейсу. Взаємодія в World Wide Web буде набагато простіше і зручніше, якщо буде відбуватися в тривимірному просторі.

Графічний прискорювач. Ринок графічних підсистем до появи поняття мультимедіа був відносно простий у розвитку. Важливою віхою в розвитку був стандарт VGA (Video graphics Array), розроблений компанією IBM у 1987 році, завдяки чому виробники відеоадаптерів одержали можливість використовувати більш високий дозвіл (640x480) і велику глибину представлення кольору на моніторі комп'ютера. З ростом популярності ОС Windows, з'явилася гостра потреба в апаратних прискорювачах двовимірної графіки, щоб розвантажити центральний процесор системи, змушений обробляти додаткові події. Відволікання CPU на обробку графіки істотно впливає на загальну продуктивність GUI (Graphical User Interface) – графічного інтерфеса користувача, а тому що ОС Windows і додаткам для неї потрібно якнайбільше ресурсів центрального процесора, обробка графіки здійснювалася з більш низьким пріоритетом, тобто робилася дуже повільно. Виробники додали у свої

продукти функції обробки двовимірної графіки, такі, як промальовування вікон при відкритті і свертованні, апаратний курсор, постійно видимий при переміщенні покажчика, зафарбування областей на екрані при високій частоті регенерації зображення. Отже, з'явився процесор, що забезпечує прискорення VGA (Accelerated VGA – AVGA), також відомий, як Windows чи GUI прискорювач, що став обов'язковим елементом у сучасних комп'ютерах. Упровадження мультимедіа створило нові проблеми, викликані додаванням таких компонентів, як звук і цифрове відео до набору двовимірних графічних функцій. Сьогодні легко помітити, що багато продуктів AVGA підтримують на апаратному рівні обробку цифрового відео. Отже, якщо на Вашому моніторі відео програється у вікні, розміром з поштову марку – настав час установити у Вашій машині мультимедіа прискорювач. Мультимедіа прискорювач (multimedia accelerator) звичайно має убудовані апаратні функції, що дозволяють масштабувати відеозображення по осях x і y, а також апаратно перетворювати цифровий сигнал в аналоговий, для висновку його на монітор у форматі RGB. Деякі мультимедіа акселератори можуть також мати убудовані можливості декомпреси цифрового відео. Розроблювачі графічних підсистем повинні виходити з вимог, частково диктованих розмірами комп'ютерного монітора, частково під впливом GUI, і частково під впливом графічного процесора. Первинний стандарт VGA з дозволом 640x480 пікселів був адекватний 14" моніторам, найбільш розповсюджених у той час. Сьогодні найбільш кращі монітори з розміром діагоналі трубки 17", завдяки можливості виводити зображення з дозволом 1024x768 і більш. Основною тенденцією при переході від VGA до мультимедіа прискорювачів була можливість розміщення якнайбільше візуальної інформації на моніторі комп'ютера. Використання 3D графіки є логічним розвитком цієї тенденції. Великі обсяги візуальної інформації можуть бути утиснуті в обмежений простір екрана монітора, якщо вона представляється в тривимірному виді. Обробка тривимірної графіки в режимі реального часу дає можливість користувачу легко оперувати даними, що представляються.

Ігрові двигуни (Games engines)

Перше правило комп'ютерних ігор – немає ніяких правил. Традиційно, розроблювачі ігор більше зацікавлені в крутій графіці своїх програм, чим проходженню рекомендацій технарів. Не дивлячись на те, що в розпорядженні розроблювачів мається безліч тривимірних API, наприклад – Direct3D, деякі програмісти йдуть по шляху створення власного 3D ігрові чи інтерфейси двигуна (рис. 37). Власні ігрові двигуни – один зі шляхів для розроблювачів домогтися неймовірної реалістичності зображення, фактично на межі можливостей графічного програмування.



Рис. 37

Немає нічого більш бажаного для розроблювача, чим мати прямий доступ до апаратних функцій компонентів системи. Кілька відомих розроблювачів створили свої власні ігрові двигуни, що працюють з оптимальним використанням апаратних прискорювачів графіки, що принесли їм популярність і гроші. Наприклад, двигуни Interplay для Descent II і id Software для Quake, забезпечують щирю тривимірність дії, використовуючи наповну апаратні функції 3D, якщо вони доступні.

Графіка без компромісів. Розмови, що ведуться вже досить довгий час, про перспективи застосування тривимірної графіки в таких областях, як розваги і бізнес, до краю підіграли інтерес потенційних користувачів, на ринку вже з'явився новий тип продуктів. Ці нові технологічні рішення, сполучають у собі чудову підтримку 2D графіки, що відповідає сьгоднішнім вимогам до Windows акселераторам, апаратну підтримку функцій 3D графіки і програють цифрове відео з необхідною частотою зміни кадрів. У принципі, ці продукти можна сміло віднести до нового покоління графічних підсистем, що забезпечують графіку без компромісів, що займають гідне місце стандартного устаткування в настільних обчислювальних системах. Серед представників нового покоління можна назвати, як приклад, що впливають продукти:

- процесор Ticket-To-Ride компанії Number Nine Visual Technologies
- серія процесорів ViRGE компанії S3 Inc.
- процесор RIVA128, розроблений спільно компаніями SGS Thomson і nVidia.

Технологія 3D-графіки. Нехай нам все-таки удалося переконати Вас спробувати тривимірну графіку в дії (якщо Ви дотепер не зробили це), і Ви вирішили зіграти в одну з тривимірних ігор, призначених для застосування 3D-відеокарти. Допустимо, такою грою виявився симулятор автомобільних гонок, і Ваша машина вже коштує на старті, готова кинутися до скорення нових рекордів. Йде передстартовий зворотний відлік, і Ви зауважуєте, що вид з кабіни, відображуваний на екрані монітора, небагато відрізняється від звичного. Ви і колись брали участь у подібних гонках, але вперше зображення уражає Вас винятковим реалізмом, змушуючи повірити в дійсність що відбувається. Обрій, разом з вилученими об'єктами, тоне в ранковому серпанку. Дорога виглядає надзвичайно рівно, асфальт являє собою не набір грязно-сірих

квадратів, а однотонне покриття з нанесеною дорожньою розміткою. Дерева уздовж дороги дійсно мають листяні крони, у яких, здається, можна розрізнити окремі листи. Від всього екрана в цілому складається враження як від якісної фотографії з реальною перспективою, а не як від жалюгідної спроби змодельовати реальність. Спробуємо розібратися, які ж технічні рішення дозволяють 3D-відеокартам передавати віртуальну дійсність з такою реалістичністю. Яким образом образотворчим засобам РС удалося досягти рівня професійних студій, що займаються тривимірною графікою. Частина обчислювальних операцій, зв'язаних з відображенням і моделюванням тривимірного світу перекладено тепер на 3D-акселератор, що є серцем 3D-відеокарти. Центральний процесор тепер практично не зайнятий питаннями відображення, образ екрана формує відеокарта. В основі цього процесу лежить реалізація на апаратному рівні ряду ефектів, а також застосування нескладного математичного апарата. Спробуємо розібратися, що ж конкретно вміє графічний 3D-процесор. Повертаючись до нашого прикладу із симулятором гонок, задумаємося, яким чином досягається реалістичність відображення поверхонь чи дороги будинків, що коштують на узбіччі. Для цього застосовується розповсюджений метод, називаний текстурування (texture mapping). Це найпоширеніший ефект для моделювання поверхонь. Наприклад, фасад будинку зажадав би відображення безлічі граней для моделювання безлічі цеглин, вікон і дверей. Однак текстура (зображення, що накладається на всю поверхню відразу) дає більше реалізму, але вимагає менше обчислювальних ресурсів, тому що дозволяє оперувати з усім фасадом як з єдиною поверхнею. Перед тим, як поверхні попадають на екран, вони текстурируються і затінюються. Усі текстури зберігаються в пам'яті, звичайно встановленої на відеокарті. До речі, тут не можна не помітити, що застосування АGP уможливило збереження текстур у системній пам'яті, а її обсяг набагато більше. Очевидно, що коли поверхні текстурируються, необхідний облік перспективи, наприклад, при відображенні дороги з розділовою смугою, що іде за обрій. Перспективна корекція необхідна для того, щоб текстуровані об'єкти виглядали правильно. Вона гарантує, що бітмеп правильно накладеться на різні частини об'єкта – і ті, котрі ближче до спостерігача, і на більш далекі. Корекція з урахуванням перспективи дуже трудомістка операція, тому нерідко можна зустріти не зовсім вірну її реалізацію. При накладенні текстур, у принципі, також можна побачити шви між двома найближчими бітмепами. Чи, що буває частіше, у деяких іграх при зображенні чи дороги довгих коридорів помітне мерехтіння під час руху. Для придушення цих труднощів застосовується фільтрація (звичайно Ві- чи трі-лінійна). Білінійна фільтрація - метод усунення перекручувань зображення. При повільному чи обертанні русі об'єкта можуть бути помітні перескакування пікселів з одного місця на інше, що і викликає мерехтіння. Для зниження цього ефекту при білінійній фільтрації для відображення крапки поверхні береться зважене середнє чотирьох суміжних текстурних пікселів. Трилінійна фільтрація трохи складніше. Для одержання кожного пікселя зображення береться зважене середнє значення результатів двох рівнів білінійної фільтрації. Отримане зображення буде ще більш чітке і менш мерехтливе.

Текстури, за допомогою яких формується поверхня об'єкта, змінюють свій вид у залежності від зміни відстані від об'єкта до положення очей глядача. При зображенні, що рухається, наприклад, у міру того, як об'єкт віддаляється від глядача, текстурний повинний зменшуватися в розмірах разом зі зменшенням розміру відображуваного об'єкта. Для того щоб виконати це перетворення, графічний процесор перетворить бітмепи текстур аж до відповідного розміру для покриття поверхні об'єкта, але при цьому зображення повинне залишатися природним, тобто об'єкт не повинний деформуватися непередбаченим чином.

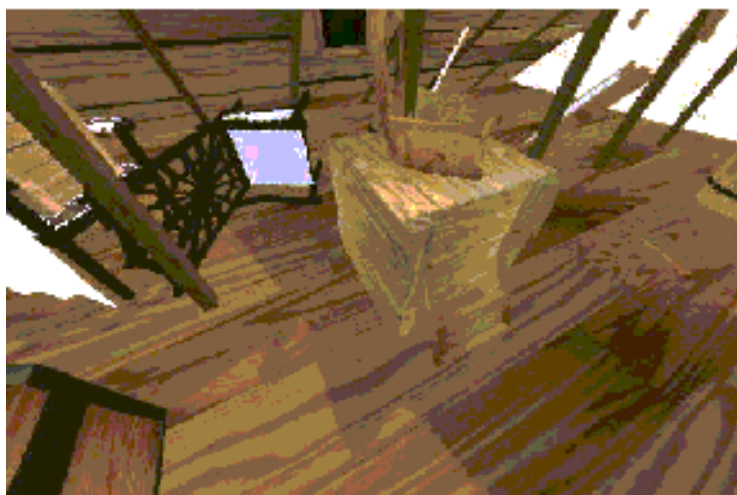


Рис. 38

Для того щоб уникнути непередбачених змін, більшість керуючих графік процесів створюють серії передфільтрованих бітмепов текстур зі зменшеним дозволом, цей процес називається *mip mapping*. Потім, графічна програма автоматично визначає, яку текстуру використовувати, ґрунтуючись на деталях зображення, що уже виведено на екран. Відповідно, якщо об'єкт зменшується в розмірах, розмір його текстурного бітмепу теж зменшується.

Але повернемося в наш гоночний автомобіль. Сама дорога уже виглядає реалістично, але проблеми спостерігаються з її краями! Згадаєте, як виглядає лінія, проведена на екрані не паралельно його краю. От і в нашій дорозі з'являються "рвані краї". І для боротьби з цим недоліком зображення застосовується *anti-aliasing*.

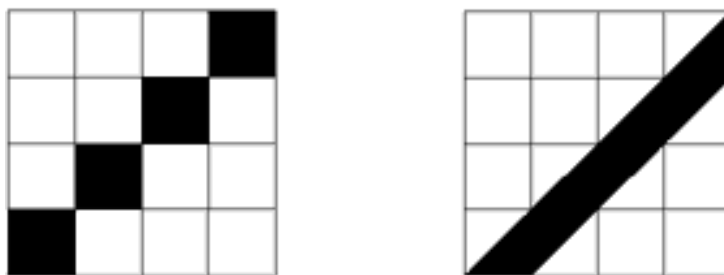


Рис. 37

Рівні краї

Це спосіб обробки (інтерполяції) пікселів для одержання більш чітких країв (границь) зображення (об'єкта). Найбільше часто використовувана техніка – створення плавного переходу від кольору чи лінії краю до кольору тла. Колір крапки, що лежить на границі об'єктів визначається як середнє кольорів двох граничних крапок. Однак у деяких випадках, побічним ефектом anti-aliasing є змазування (blurring) країв. Ми підходимо до ключовому моменту функціонування всіх 3D-алгоритмів. Припустимо, що трек, по якому їздить наша гоночна машина, оточений великою кількістю різноманітних об'єктів – будівель, дерев, людей. Отут перед 3D-процесором устає головна проблема, як визначити, які з об'єктів знаходяться в області видимості, і як вони освітлені. Причому, знати, що очевидно в даний момент, недостатньо. Необхідно мати інформацію і про взаємне розташування об'єктів. Для рішення цієї задачі застосовується метод, називаний z-буферизація. Це самий надійний метод видалення схованих поверхонь. У так названому z-буфері зберігаються значення глибини всіх пікселів (z-координати). Коли розраховується (рендериться) новий піксел, його глибина порівнюється зі значеннями, збереженими в z-буфері, а конкретніше з глибинами вже срендерених пікселів з тими ж координатами x і y. Якщо новий піксел має значення глибини більше якого-небудь значення в z-буфері, новий піксел не записується в буфер для відображення, якщо менше – те записується. Z-буферизація при апаратній реалізації сильно збільшує продуктивність. Проте, z-буфер займає великі обсяги пам'яті: наприклад навіть при дозволі 640x480 24-розрядний z-буфер буде займати близько 900 Кб. Ця пам'ять повинна бути також установлена на 3D-відеокарте. Здатність z-буфера, що дозволяє – самий головний його атрибут. Вона критична для високоякісного відображення сцен з великою глибиною. Чим вище дозволяє здатність, тим вище дискретність z-координат і точніше виконується рендеринг вилучених об'єктів. Якщо при рендерингу здатності, що дозволяє, не вистачає, то може статися, що два перекриваючих об'єкти одержать ту саму координату z, у результаті апаратура не буде знати який об'єкт ближче до спостерігача, що може викликати перекручування зображення. Для запобігання цих ефектів професійні плати мають 32-розрядний z-буфер і обладнаються великими обсягами пам'яті. Крім перерахованих вище основ, тривимірні графічні плати звичайно мають можливість відтворення деякої кількості додаткових функцій. Наприклад, якби Ви на своєму гоночному автомобілі в'їхали б у пісок, то огляд би утруднився пилом, що піднявся. Для реалізації таких і подібних ефектів застосовується fogging (затуманення). Цей ефект утвориться за рахунок комбінування змішаних комп'ютерних колірних пікселів з кольором туману (fog) під керуванням функції, що визначає глибину затуманенням. За допомогою цього ж алгоритму далеко віддалені об'єкти занурюються в серпанок, створюючи ілюзію відстані. Реальний світ складається з прозорих, напівпрозорих і непрозорих об'єктів. Для обліку цієї обставини, застосовується alpha blending – спосіб передачі інформації про прозорість напівпрозорих об'єктів. Ефект напівпрозорості створюється шляхом об'єднання кольору вихідного пікселя з

піксельом, що вже знаходиться в буфері. У результаті колір крапки є комбінацією кольорів переднього і заднього плану. Звичайно, коефіцієнт α має нормалізоване значення від 0 до 1 для кожного кольорового пікселя. Новий піксель = (α) (колір пікселя A) + $(1 - \alpha)$ (колір пікселя B). Очевидно, що для створення реалістичної картини необхідно часте відновлення, що відбувається на екрані, його вмісту. При формуванні кожного наступного кадру, 3D-акселератор проходить весь шлях підрахунку заново, тому він повинний мати чималу швидкість. Але в 3D-графіку застосовуються й інші методи подання плавності руху. Ключовий – Double Buffering. Уявіть собі старий трюк аніматорів, що малювали на куточках стопки папера персонаж мультику, зі злегка змінюваним положенням на кожному наступному листі. Пролістав усю стопку, відгинаючи куточок, ми побачимо плавний рух нашого героя. Практично такий же принцип роботи має і Double Buffering у 3D анімації, тобто наступне положення персонажа вже намальовано, до того, як поточна сторінка буде пролістана. Без застосування подвійний буферизації зображення не буде мати необхідної плавності, тобто буде переривчастим. Для подвійної буферизації потрібно наявність двох областей, зарезервованих у буфері кадрів тривимірної графічної плати; обидві області повинні відповідати розміру зображення, виведеного на екран. Метод використовує два буфери для одержання зображення: один для відображення картини, іншої для рендеринга. У той час як відображається вміст одного буфера, в іншому відбувається рендеринг. Коли черговий кадр оброблений, буфери переключаються (міняються місцями). Таким чином, що грає увесь час бачить відмінну картинку. На закінчення обговорення алгоритмів, застосовуваних у 3D-графічних акселераторах, спробуємо розібратися, яким же образом застосування всіх ефектів по окремоті дозволяє одержати цілісну картину. 3D-графіки реалізується за допомогою багатоступінчастого механізму, називаного конвеєром рендеринга. Застосування конвеєрної обробки дозволяє ще прискорити виконання розрахунків за рахунок того, що обчислення для наступного об'єкта можуть бути початі до закінчення обчислень попереднього.

Конвеєр рендеринга може бути розділений на 2 стадії: геометрична обробка і растеризація.

На першій стадії геометричної обробки виконується перетворення координат (обертання, перенос і масштабування всіх об'єктів), відсікання невидимих частин об'єктів, розрахунок висвітлення, визначення кольору кожної вершини з обліком усіх світлових джерел і процес розподілу зображення на більш дрібні форми. Для опису характеру поверхні об'єкта вона поділяється на всілякі багатокутники. Найбільше часто при відображенні графічних об'єктів використовується розподіл на трикутники і чотирикутники, тому що вони легше всього обраховуються і ними легко маніпулювати. При цьому координати об'єктів переводяться з речовинного в цілочислене представлення для прискорення обчислень. На другій стадії до зображення застосовуються всі описані ефекти в наступній послідовності: видалення схованих поверхонь, накладення з урахуванням перспективи текстур (використовуючи z-буфер), застосування ефектів туману і напівпрозорості, anti-aliasing. Після цього чергова крапка вважається готовою до приміщення в буфер з наступного кадру.

З усього вищевказаних можна зрозуміти, для яких цілей використовується пам'ять, установлена на платі 3D-акселератори. У ній зберігаються текстури, z-буфер і буфери наступного кадру. При використанні шини PCI, використовувати для цих цілей звичайну оперативну пам'ять не можна, тому що швидкодія відеокarti істотно буде обмежено пропускнуою здатністю шини. Саме по цьому для розвитку 3D-графіки особливо перспективного просування шини AGP, що дозволяє з'єднати 3D-чип із процесором прямо і тим самим організувати швидкий обмін даними з оперативною пам'яттю. Це рішення, до того ж, повинні здешевити тривимірні акселератори за рахунок того, що на борті плати залишиться лише небагато пам'яті власне для кадрового буфера.

Висновок. Повсюдне впровадження 3D-графіки викликало збільшення потужності комп'ютерів без якого-небудь істотного збільшення їхньої ціни. Користувачі приголомшені можливостями, що відкриваються, і прагнуть спробувати їх у себе на комп'ютерах. Безліч нових 3D-карт дозволяють користувачам бачити тривимірну графіку в реальному часі на своїх домашніх комп'ютерах. Ці нові акселератори дозволяють додавати реалізм до зображень і прискорювати висновок графіки в обхід центрального процесора, спираючись на власні апаратні можливості. Хоча в даний час тривимірні можливості використовуються тільки в іграх, здається, ділові додатки також зможуть згодом витягти з них вигоду. Наприклад, засобу автоматизованого проектування вже мають потребу у висновку тривимірних об'єктів. Тепер створення і проектування буде можливо і на персональному комп'ютері завдяки можливостям, що відкриваються. Тривимірна графіка, можливо, зможе також змінити спосіб взаємодії людини з комп'ютером. Використання тривимірних інтерфейсів програм повинне зробити процес спілкування з комп'ютером ще більш простим, чим у даний час.

Елементи інтерфейсу 3ds max

Нижня частина інтерфейсу

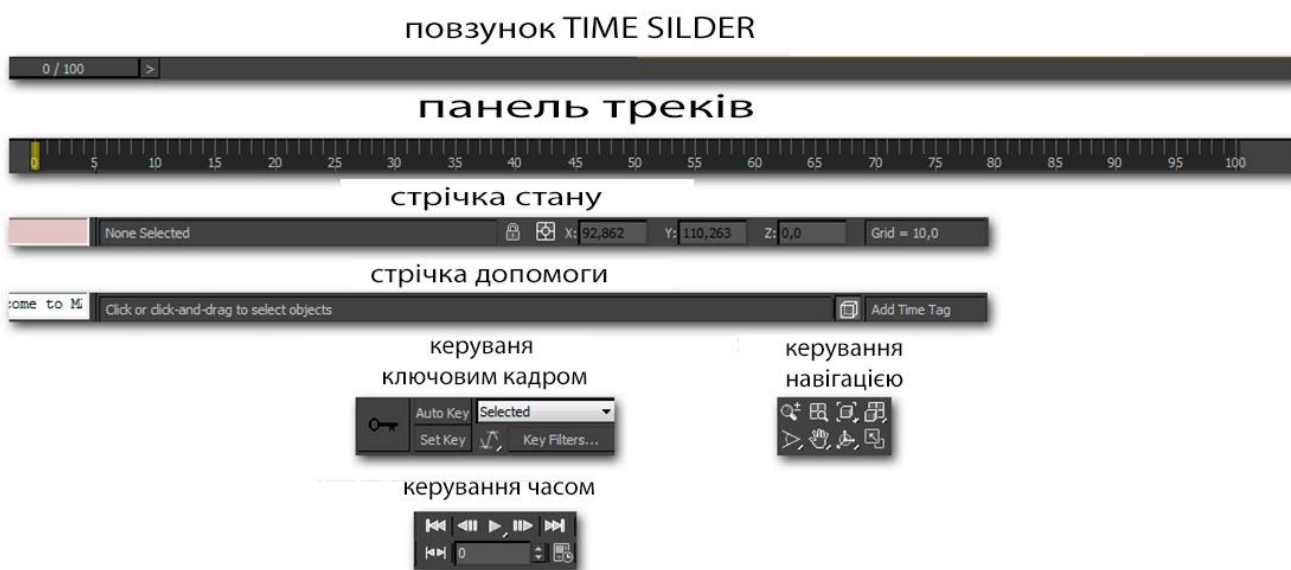


Рис. 38

Timeslider забезпечує швидкий доступ до потрібного кадру анімації. Перетягнувши його можна швидко переходити від одного кадру до іншого.

На панелі треків відображена лінійка з розміткою ключових кадрів.

Рядок стану відображає інформацію про сцену. Так само тут можна ввести параметри перетворення.

Елементи управління кадрами призначені для створення ключових кадрів.

Елементи управління часом забезпечують швидкий доступ до ключових кадрів анімації.

Елементи навігації дозволяють керувати вікнами проєкцій.

Вікно 3ds max 7 містить три вікна проєкцій, в кожному з яких показана тривимірна сцена зі своєї крапки. Вікно проєкції, в якому на даний момент ведеться робота, підсвічує жовтим кольором і називається активним. Активне вікно можна розвернути у весь екран за допомогою кнопки Min/max Toggle (Збільшення вікна проєкції до розмірів екрану) у правому нижньому кутку вікна 3ds max 7 (рис. 39).

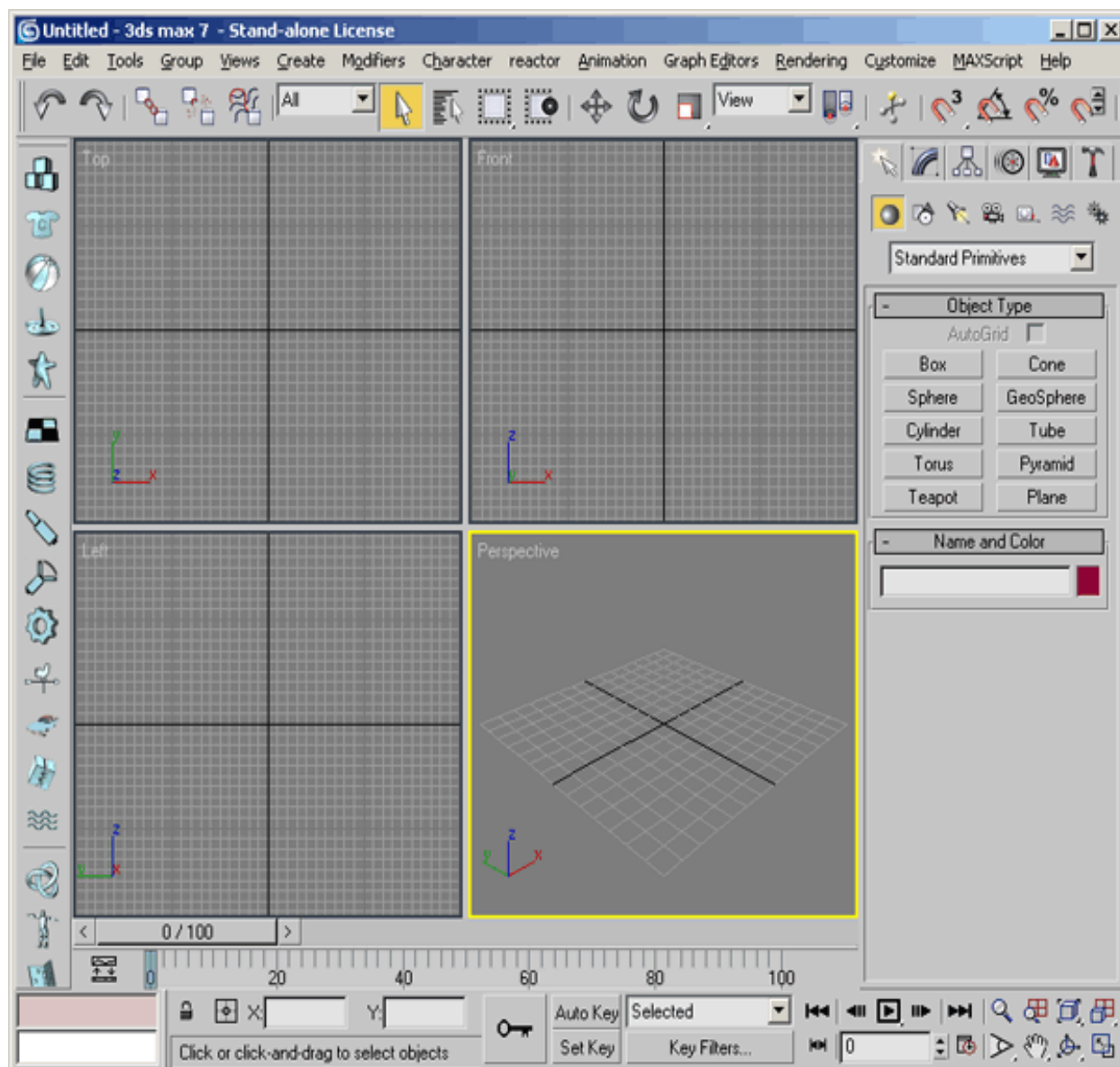


Рис. 39

У правій частині вікна розташована Command Panel (Командна панель) (рис. 42) яка містить налаштування всіх об'єктів сцени, а також параметри багатьох операцій, використовуваних в роботі. За допомогою командної панелі можна створювати об'єкти і управляти ними.

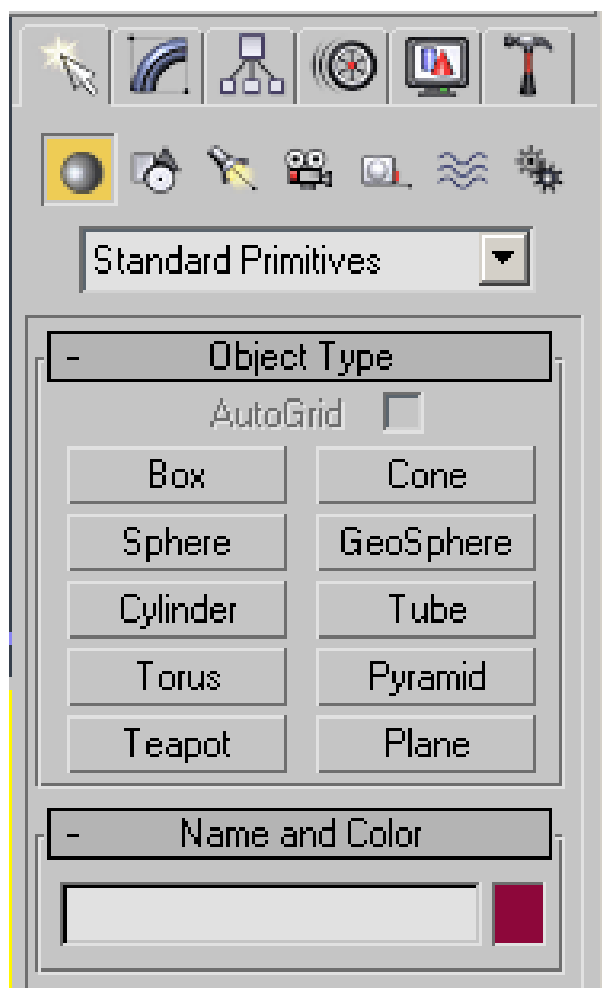


Рис. 42

УВАГА! Дуже часто всі параметри, розташовані на командній панелі, не поміщаються на екран. У такому разі необхідно прокручувати вікно командної панелі. Не забувайте про це.

Командна панель містить шість вкладок: Create (Створення), Modify (Зміна), Hierarchy (Ієрархія), Motion (Рух), Display (Відображення) і Utilities (Утиліти). Найчастіше використовуються вкладки Create (Створення) і Modify (Зміна).

Вкладка Create (Створення) служить для створення основних (примітиви, криві і ін.) і допоміжних (джерела світла, віртуальні камери, об'ємні деформації і ін.) об'єктів сцени. Вкладка Modify (Зміна) дозволяє змінювати параметри будь-якого виділеного об'єкту сцени. Також з її допомогою виділеному об'єкту можна призначити модифікатор – певну дію, що деформує об'єкт. Модифікатор містить свої налаштування, які можна перетворювати за допомогою вкладки Modify (Зміна).

У нижній частині вікна 3ds max 7 розташована шкала анімації, під нею – координати перетворень, рядок стану, а також кнопки управління анімацією і положенням об'єктів у вікнах проєкцій. Щоб дізнатися призначення кнопки на будь-якій панелі інструментів, досить підвести до неї покажчик миші. При цьому біля кнопки виникне спливаюча підказка, вміст якої також відобразиться в рядку стану (рис. 43).



Рис. 43

В процесі роботи можна змінювати відображення об'єктів у вікні проєкції (рис. 39), положення об'єктів в тривимірному просторі, вирівнювати їх щодо один одного вручну або за допомогою точної вказівки координат. Для управління відображенням об'єктів у вікні проєкції використовуються кнопки, які знаходяться в правому нижньому кутку вікна програми (рис. 44).

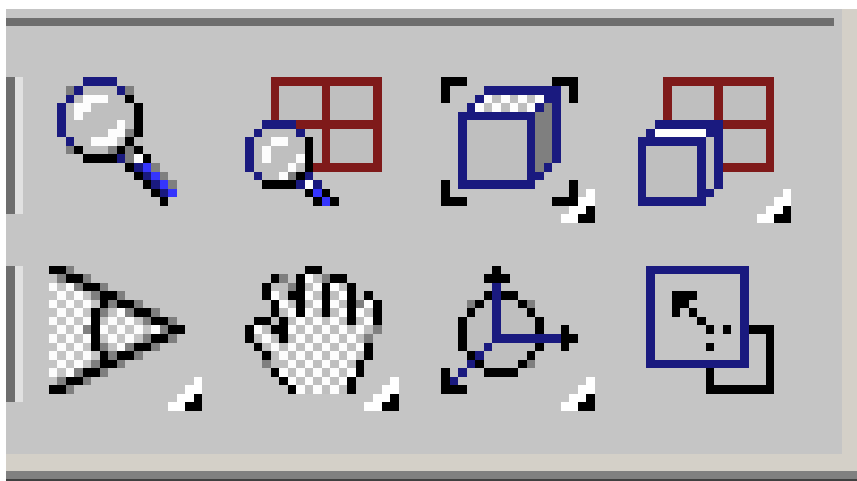


Рис. 44

Розглянемо ці кнопки.

- Zoom (Масштаб) – наближення/видалення сцени.
- Zoom All (Масштаб всього) – наближення/видалення відразу всіх об'єктів у всіх вікнах проєкцій.
- Zoom Extents/zoom Extents Selected (Масштаб границь/масштаб виділеного) – наближення/видалення вибраного об'єкта/всех об'єктів в межах видимості всіх вікон проєкції.
- Zoom Extents All/zoom Extents Selected (Масштаб вибраного об'єкта/масштаб всіх об'єктів) – наближення/видалення вибраного об'єкта/всіх об'єктів сцени в межах видимості поточного вікна проєкції. Цю кнопку зручно використовувати в тих випадках, коли потрібно подивитися на сцену з такої крапки, щоб у вікні проєкції відображалися всі об'єкти.

- Field-of-view/region Zoom (Видове поле/Масштаб області) – зміна всього поля зрення/виделеного за допомогою миші.
- Pan (Прокрутка) – переміщення зображення на екрані уручну.
- Arc Rotate/arc Rotate Selected/arc Rotate Subobject (Обертання по дуга/обертання вибраного по дуга/обертання навколо підоб'єкту по дузі) — обертання сцени навколо центру поля зору/довкола виділених об'єктів/довкола підоб'єкту.
- Min/max Toggle (Збільшення вікна проекції до розмірів екрану) – збільшення активного вікна проекції до розмірів екрану.

Одним з нововведень сьомої версії 3ds max, яке торкнулося інтерфейсу програми, стала можливість зміни розмірів діалогових вікон: відкриття, збереження тривимірних сцен, вибору об'єктів сцени і так далі. Дана можливість дуже зручна, коли потрібно тримати в полі зору велику кількість файлів, елементів сцени і ін.

ТЕМА 9. ТВЕРДОТІЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. ВИДОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ. МОДЕЛЬ ОСВІТЛЕННЯ

Наукова візуалізація (англ. *scientific visualization*) – міждисциплінарний науковий напрям, який зосереджено, в основному, на «візуалізації тривимірних явищ (архітектури, метеорології, медицини, біології, і так далі), з наголосом на реалістичному зображенні об'ємів, поверхонь, джерел освітлення, і тому подібному, можливо, з динамічною складовою (часу)».

Наукову візуалізацію інколи плутають з презентаційною графікою. Презентаційна графіка в першу чергу полягає в передачі інформації та результатів доступним способом. Метою наукової візуалізації, є розуміння даних. Однак, часто ці два методи взаємопов'язані.

З точки зору комп'ютерних наук, наукова візуалізація є частиною ширшої області – візуалізації. Вона включає в себе дослідження в області комп'ютерної графіки, обробки зображень, високопродуктивні обчислення тощо. Ті ж інструменти, які використовуються для наукової візуалізації можуть бути застосовані, наприклад, для анімації або презентації мультимедіа.

Як галузь науки, наукова візуалізація пов'язана з інтерактивним відображенням та аналізом даних. Оскільки вона є відносно новою наукою, її стратегія полягає в розробці основних ідей та концепцій, що ведуть до створення інструментів та реальних програмних засобів.

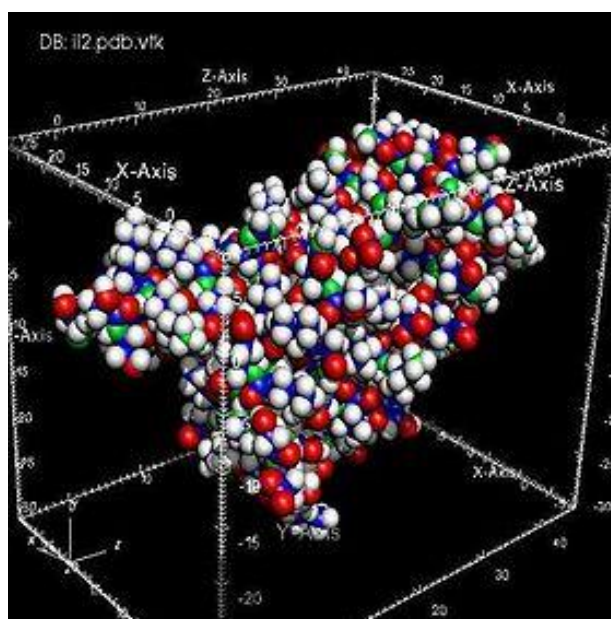


Рис. 45

Одним з перших прикладів тривимірної візуалізації наукових даних була термодинамічна поверхня Максвелла, створена з глини в 1874 році Джеймсом Максвеллом^[3]. Вона є прототипом сучасних наукових методів візуалізації, які використовують комп'ютерну графіку.

Відомі ранні двовимірні приклади наукової візуалізації включають карту походу Наполеона на Москву виробництва Чарльза Джозефа Мінарді 1869 року

та точкову карту що використовувалася Джоном Сноу в 1855 році для візуалізації спалаху холери на Брод-стріт.

Сфери наукової візуалізації

Комп'ютерна анімація

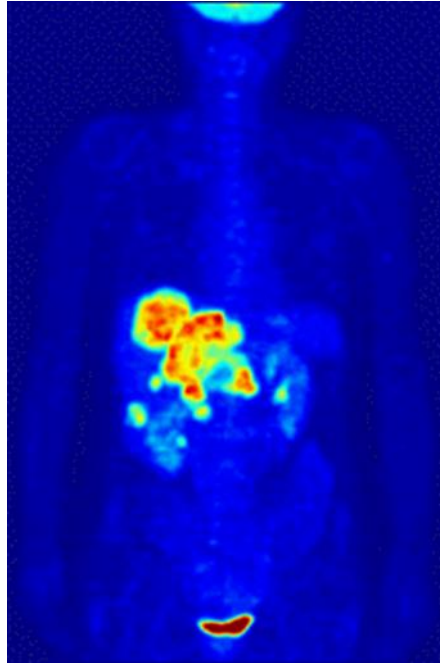


Рис. 46. Проекція максимальної інтенсивності

Комп'ютерна анімація є мистецтвом, технікою та наукою створення рухомих зображень через використання комп'ютерів. Вона стає все більш поширеною бути створеною за допомогою 3-D комп'ютерної графіки, хоча 2-D комп'ютерна графіка все ще широко використовується для потреб стилістики, низької пропускну здатності і швидкого рендерингу в режимі реального часу. Іноді ціллю анімації є сам комп'ютер, а іноді – є інше середовище – таке як кіно. Це також згадується як CGI (Computer-generated imagery – комп'ютерна графіка), особливо при використанні у фільмах.

Комп'ютерне моделювання

Комп'ютерне моделювання являє собою комп'ютерну програму, або мережу комп'ютерів, яка намагається імітувати абстрактну модель конкретної системи. Комп'ютерне моделювання стало корисною частиною математичного моделювання багатьох природних систем у фізиці і обчислювальної фізики, хімії та біології; системах в економіці, психології та соціальних науках; та в процесі проектування і новітніх технологій, щоб отримати уявлення про роботу цих систем, або спостерігати за їхньою поведінкою.

Комп'ютерне моделювання варіюється від комп'ютерних програм, які працюють кілька хвилин, до груп мережевих комп'ютерів, що працюють

протягом декількох годин, та моделювань, які працюють протягом декількох місяців. Масштаб подій, що моделюються значно перевершив все можливе (або, можливо, навіть мислиме) порівняно з використанням традиційного методу математичного моделювання з допомогою паперу та олівця: більш ніж 10 років тому моделювання вторгнення однієї сили іншою у пустинній місцевості, залучало моделювання 66,239 танків, вантажних автомобілів та інших транспортних засобів по модельованій місцевості навколо Кувейту, використовуючи кілька суперкомп'ютерів з DoD програмою комп'ютерної модернізації.

Візуалізація інформації

Візуалізація інформації є вивченням «візуального представлення колекцій нечислової інформації, таких як файли і рядки коду в програмних системах, бібліотеки і бібліографічних баз даних, мереж відносин в Інтернеті, і так далі».

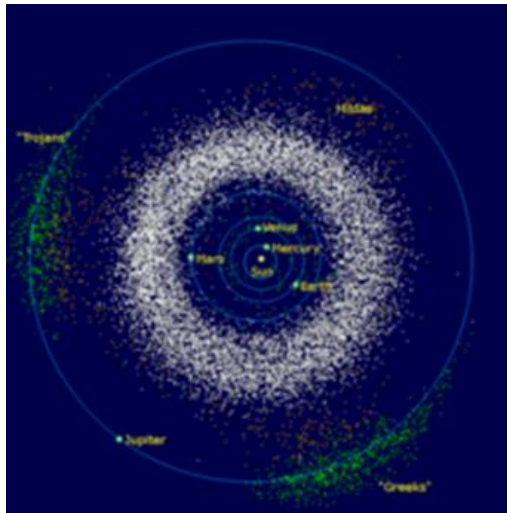


Рис. 47. Візуалізація вигляду сонячної системи



Рис. 48. Наукова візуалізація потоку рідини: поверхневі хвилі

Візуалізація інформації зосереджена на створенні підходів до передачі абстрактної інформації інтуїтивними способами. Візуальні уявлення і методи взаємодії користуються широким шляхом пропускнуої здатності людського ока в мозок, щоб дозволити користувачам переглядати, вивчати і розуміти великі обсяги інформації за один раз. Основна відмінність між науковою візуалізацією і візуалізацією інформації є те, що візуалізація інформації часто застосовується до даних, що не породжуються науковим дослідженням. Деякі приклади є графічними зображеннями даних для бізнесу, уряду, новин і соціальних медіа.

Технологія інтерфейсу і сприйняття

Технологія інтерфейсу і сприйняття показує, як нові інтерфейси і більш глибоке розуміння основних проблем сприйняття створюють нові можливості для наукової спільноти візуалізації.

Поверхневий рендеринг

Рендеринг являє собою процес формування зображення з моделі за допомогою комп'ютерних програм. Модель являє собою опис тривимірних об'єктів в строго визначеній мові або структурі даних. Вона містить інформацію про геометрію, точку огляду, текстуру, освітлення і затінення. Зображення являє собою цифрове зображення або растрове графічне зображення. Можна провести аналогію з «рендерингом художника» сцени. «Рендеринг» також використовується для опису процесу обчислення ефектів в файл редагування відео для отримання остаточного готового відео. Важливі методи візуалізації є:

Алгоритм «Scanline» і растеризація.

Подання високого рівня зображення обов'язково містить елементи в іншому домені від пікселів. Ці елементи називаються примітивами. У схематичному кресленні, наприклад, лінійні сегменти і криві можуть бути примітивами. У графічному інтерфейсі, вікна і кнопки можуть бути примітивами. У 3D-рендеринга, трикутники і багатокутники в просторі можуть бути примітивами.

Відкидання променів

Відкидання променів (англ. *ray casting*) використовують переважно для моделювання в реальному часі. Наприклад у комп'ютерних іграх та анімаційних мультфільмах, тобто там, де деталі не важливі, чи там, де доцільніше не брати до уваги дрібні деталі з метою підвищення продуктивності на етапі обчислень. Без застосування додаткових алгоритмів отримані в результаті поверхні мають притаманно «плоский» вигляд, наче об'єкти в сцені були пофарбовані матовою фарбою.

Освітлення



Рис. 49. Хімічна візуалізація одночасного випуску SF6 і NH3

Освітлення, також відоме як «глобальне освітлення» (Global Illumination), являє собою метод, який намагається імітувати шлях, в якому безпосередньо освітлені поверхні діють як непрямі джерела світла, які освітлюють інші поверхні. Це призводить до більш правдивого затінення і, здається, краще захоплює «атмосферу» кімнатної сцени.

Трасування променів

Трасування променів (англ. ray tracing) є продовженням тієї ж методики, розробленої в алгоритмі «scanline» і ray casting. Як і ті, він обробляє складні об'єкти добре, а об'єкти мають бути описані математично. На відміну від алгоритму «scanline» і ray casting, трасування променів майже завжди є методом Монте-Карло, тобто реалізується на основі усереднення ряду випадково згенерованих вибірок з моделі.

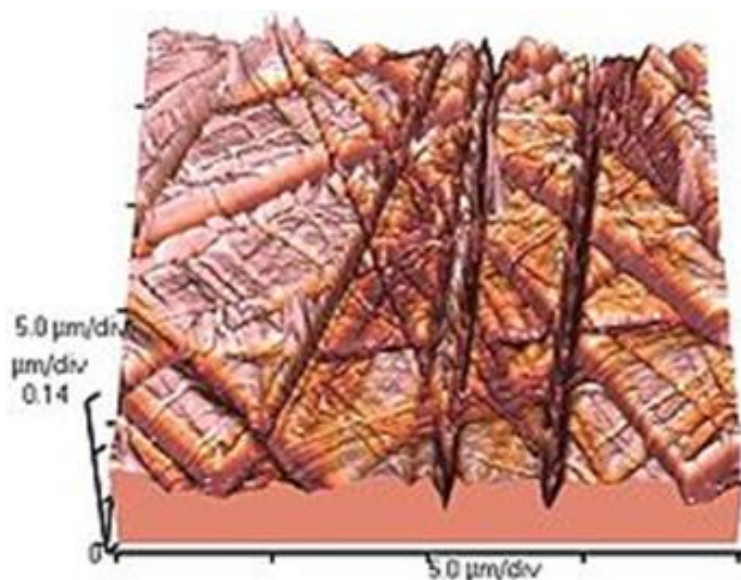


Рис. 50. Топографічне сканування поверхні скла за допомогою атомно-силового мікроскопа

Об'ємний рендеринг [ред. | ред. код]

Об'ємний рендеринг є методом, який використовується для відображення 2D-проекції 3D дискретно відібраного набору даних. Типовий набір 3D даних являє собою групу зрізів 2D зображень, отриманих за допомогою сканера КТ або МРТ. Зазвичай вони отримуються в звичайному шаблоні (наприклад, один шар кожен міліметр) і зазвичай має регулярне число пікселів зображення в регулярному зразку. Це приклад регулярної об'ємної сітки, з кожним елементом обсягу, або воксель, представлений одним значенням, яке виходить шляхом відбору області, навколо вокселя.

Об'ємна візуалізація [ред. | ред. код]

Згідно з Розенблюмом об'ємна візуалізація розглядає набір методів, що дозволяє переглядати об'єкт без математично представлення іншої поверхні. Спочатку використовується в медичній візуалізації, об'ємна візуалізація стала важливим методом для багатьох наук, зображення явища стало широко застосовним у вигляді хмар, водних потоків і молекулярної та біологічної структури. Багато алгоритмів об'ємної візуалізації є обчислювально дорогими і вимагають зберігання великих обсягів даних. Досягнення в області апаратних засобів і програмного забезпечення узагальнюють об'ємну візуалізацію, так як в режимі реального часу виконання

ТЕМА 11. ЗАФАРБУВАННЯ ПОЛІГОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ. СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ

Рендеринг Гуро та Фонга Ефект смуг Маха. Зафарбовування методом Гуро. Інтенсивність кольору точок згідно редеринга Фонга. Комп'ютерна графіка для поліграфії. Двовимірний комп'ютерний живопис. Презентаційна графіка. Двовимірна анімація. Двовимірне і тривимірне моделювання. Тривимірна анімація. Обробка відео зображень. Наукова візуалізація. 3D Flash Animator. Babarosa Gif Animator. BEATWARE EZ-MOTION. CoffeeCup GIF Animator. Jasc Animation Shop. GIF2SWF. Ulead GIF Animator. AD Video Processor.

Двовимірний комп'ютерний живопис

Двовимірний комп'ютерний живопис подає собою своєрідний синтез традиційного живопису і засобів комп'ютерної обробки зображень. Програмні і апаратні засоби цього типу передусім направлені на комп'ютерне втілення всіх особливостей роботи з пензликом, різноманітних видів фарб, ґрунтовок та інших традиційних художніх інструментів і матеріалів. Фахівці, що працюють у цій області (зазвичай названі “комп'ютерні митці”), користуються спеціальними маніпуляторами, які дозволяють максимально імітувати роботу пензликом і крейдою і називаються “Mous-Pen” (у дослівному перекладі — миша-перо). Такий маніпулятор звичайно має форму ручки (олівця) і відсліджує не тільки переміщення руки на двовимірній площині, але і інтенсивність натиску, а інколи, і швидкість переміщення. При використанні спеціальних редакторів з підтримкою таких маніпуляторів, митець одержує можливість творити звичайними для нього прийомами та рухами, що явно згладжує відзнаки між звичайним і комп'ютерним живописом.

Презентаційна графіка

Презентаційна графіка призначена для створення різноманітних варіантів представницьких, шоу й рекламних об'єктів. Сюди можна віднести й подання різноманітних продуктів, й оформлення різноманітних програм, наприклад: заставки та оболонки до різноманітних мультимедіа продуктів, оболонки компакт-дисків, “інтерфейс-програм”, WEB-дизайн, і багато іншого. Найбільш яскравий і характерний приклад такої графіки – це заставки практично всіх комп'ютерних ігор. Також достатньо поширений тип презентаційної графіки – оформлення багатьох Web-сторінок, де використовуються різноманітні відео й аудіоефекти.

Двовимірна анімація, яка використовується для створення динамічних зображень і спецефектів у кіно

Сама назва цього типу графіки говорить саме за себе. Це те, що вже стало досить звичним навіть для тих, хто майже не має справ ані з комп'ютерами, ані з графікою. Без цього виду графіки не можливо уявити жодного дня ефіру практично жодної телевізійної програми, жодна студія мультиплікації сьогодні

не може обійтися без комп'ютерної анімації, і цей перелік можна було б досить довго продовжувати.

Двовимірна і тривимірна анімація, яка створюється як традиційними (без використання обчислювальних засобів), так і комп'ютерними засобами, заснована на одному і тому же принципі: якщо ряд статичних зображень показати в достатньо швидкому темпі, то людське око зв'яже їх разом і прийме за безперервний рух. Для того, щоб декілька зображень об'єкту були сприйняті оком як плавний рух цього об'єкту, може вистачити швидкості 8 комп'ютерних екранів за секунду. У відзнаку від традиційної целулоїдної анімації, де кожний кадр малюється вручну, у комп'ютерній 2D- й 3D-анімації частину рутинної роботи бере на себе комп'ютер. Можна, наприклад, задати рух по траєкторії (програма створить відповідні проміжні кадри) або плавно змінити палітру на протязі декількох кадрів (наприклад, поступово затемнити зображення або прибрати частину кольорів). Не зважаючи на те, що поява в останній час 3D-анімації помітно посунула двовимірну анімацію, двовимірна анімація все ще існує і продовжує розвиватися.

Двовимірне та тривимірне моделювання, яке використовується для дизайнерських та інженерних розробок

На скільки б не був багатий вибір інструментів програм растрової комп'ютерної графіки та анімації, більшу частину роботи по побудові зображення треба робити вручну, у тому числі промальовувати проміжні кадри в анімації. У зв'язку з цим растрові пакети можна віднести до засобів комп'ютерного живопису. А справжнє об'ємне (тривимірне) зображення легше створити за допомогою векторної графіки: її технологія дозволяє давати комп'ютеру вказівки (команди), керуючись якими він будує зображення за допомогою запрограмованих алгоритмів. Цей засіб більше схожий на креслення, при цьому частіше тривимірне. За допомогою векторної графіки об'єкти будуються з так званих "примітивів" — ліній, кіл, кривих, кубів, сфер і тому подібних. Примітив не потрібно малювати — вибравши піктограму з зображенням або назвою, наприклад сфери, ви просто задаєте її параметри (координати центру, радіус, кількість граней на поверхні і тому подібне), а комп'ютер вже креслить її сам. Складні об'єкти будуються з примітивів, на основі багатокутників (полігонів) або кривих (сплайнів), при цьому сплайнові моделі мають більш гладку форму, ніж полігональні. Після цього вибираються матеріали (текстури) та запускається процес візуалізації (Rendering).

Двовимірне і тривимірне моделювання застосовується для дизайнерських та інженерних розробок. Крім того, двох- і тривимірне моделювання доповнює тривимірну анімацію, поліграфічні і презентаційні пакети.

Тривимірна анімація, яка використовується для створення рекламних, музичних кліпів і кінофільмів

Тривимірна анімація за технологією нагадує лялькову: ви створюєте каркаси об'єктів, накладаєте на них матеріали, компонуєте все це в єдину сцену, встановлюєте освітлення і камеру, а після цього задаєте кількість кадрів у

фільмі і рух предметів. Подивитися що відбувається можна за допомогою камери, яка теж може рухатися. Рух об'єктів у тривимірному просторі задається по траєкторіям, ключовим кадрам і з допомогою формул, які зв'язують рух частин складних конструкцій. Підібравши потрібний рух, освітлення і матеріали, ви запускаєте процес візуалізації. На протязі деякого часу комп'ютер прораховує всі необхідні кадри і видає вам готовий фільм.

На відзнаку від двовимірної анімації, де багато чого може бути намальоване від руки, у тривимірній анімації об'єкти занадто гладкі, їхня форма занадто правильна та рухаються вони по занадто "геометричним" траєкторіям. Щоправда, ці проблеми можна перебороти. У анімаційних пакетах покращуються засоби візуалізації, оновлюються інструменти для створення спецефектів та збільшуються бібліотеки матеріалів. Для створення "нерівних" об'єктів, наприклад волос або диму, використовується технологія формування об'єкту з безлічі частинок. Вводиться інверсна кінематика та інші техніки оживлення, виникають нові засоби суміщення відеозапису й анімаційних ефектів, що дозволяє зробити сцени і рухи більш реалістичними. Крім того, технологія відкритих систем дозволяє працювати відразу з декількома пакетами. Можна створити модель в одному пакеті, розмалювати її в іншому, оживити у третьому, доповнити відеозаписом у четвертому. І, нарешті, функції багатьох професійних пакетів можна сьогодні поширити за допомогою додаткових фільтрів, написаних спеціально для базового пакету.

Обробка відеозображень, необхідна для накладення анімаційних спецефектів для відеозапису, наукова візуалізація

Програми обробки цифрових відео ображень та створення багаточастинних композицій з використанням двовимірної та тривимірної графіки дозволяють замінити комбіновані зйомки, обробляти відзнятий матеріал засобами комп'ютерної графіки, суміщати відзнятий матеріал з комп'ютерною анімацією а виводити результати на кіно- та відеоплівку.

Пакети для наукової візуалізації можуть бути призначені для вирішення різноманітних задач – від рішення проблем муніципального планування до візуалізації сонячних вибухів.

Комп'ютерна графіка для поліграфії

Комп'ютерна графіка для поліграфії дозволяє підготовлювати різноманітну графічну інформацію для виходу у друк засобами поліграфії. Це стосується векторної і растрової графіки, всіляких таблиць і діаграм, а також текстової інформації, – тобто усього того, що може бути перенесене на папір, плівку і подібні носії. Цей тип графіки є, мабуть, одним з найбільш поширених видів як у різноманітності задач, які вирішуються, і засобів їхнього втілення, так і у величезній кількості направлених на виконання поліграфічних задач, і програмних, і апаратних, і всіляких прикладних засобів.

Використана література

1. Веселовська, Г.В. Комп'ютерна графіка: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / [Текст] // Г.В. Веселовська, В.Є. Ходаков, В.М. Веселовський; за ред. В.Є. Ходакова. – Херсон: ОЛДІ-плюс, 2011. – 584 с.
2. Миронов, Д.Ф. Основы Photoshop CS2. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2006. – 384 с.
3. <http://www.tct.ru/Photoshop/uprazhneniya.html>

Зміст

Тема 1. Види комп'ютерної графіки	3
Тема 2. Формати зберігання графічних файлів. Сучасні графічні системи	17
Тема 3. Робота в середовищі CorelDRAW Graphics Suite	27
Тема 4. Векторна графіка	33
Тема 5. Застосування перетворень координат	39
Тема 6. Робота в середовищі Photoshop	43
Тема 7. Колірні моделі та системи	57
Тема 8.Тривимірне моделювання	61
Тема 9. Твердотільне моделювання. Видові перетворення. Модель освітлення	76
Тема 10. Зафарбовування полігональної моделі системи та методи комп'ютерної анімації	82
Використана література	85

Навчально-методична література

Скиба О.П.

Комп'ютерна графіка

Конспект лекцій

**для студентів усіх форм навчання
спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки»
та 123 «Комп'ютерна інженерія»
з курсу «Комп'ютерна графіка»**

Комп'ютерне макетування та верстка *А.П. Катрич*

Формат 60x90/16. Обл. вид. арк. 3,62. Тираж 10 прим. Зам. № 3139.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11.