

## **Тема 2. Технічне та програмне забезпечення комп'ютерної графіки**

Швидке зростання функціональних можливостей комп'ютерної техніки та розробка відповідного програмного забезпечення створило базу для подальшого розвитку комп'ютерної графіки.

### **2.1. Технічне забезпечення комп'ютерної графіки**

До апаратного забезпечення комп'ютерної графіки належать: засоби введення і виведення графічної інформації, обчислювальні засоби, засоби зберігання графічної інформації тощо. Більшість пристроїв КГ растрові. Растрові пристрої формують зображення з окремих точок, тому важливою характеристикою растрових пристроїв є роздільна здатність, яка визначається розмірами точок і можливостями їх розміщення.

#### **2.1.1. Пристрої введення графічної інформації**

Основні класи пристроїв введення графічної інформації – це дигітайзери, пристрої сканувального введення, клавіатура, маніпулятори тощо.

*Дигітайзери.* Назва *дигітайзер* походить від англійського слова *digit* (цифра) і означає пристрій, який здійснює аналогово-цифрове перетворення.

Дигітайзери (або графічні планшети) застосовуються для поточного координатного введення зображень у комп'ютер. Уведення інформації відбувається за допомогою спеціального пера (стилусу) або координатного пристрою з прицілом (його під'єднують кабелем до планшета). Графічні планшети чутливі до натиску, швидкості ведення і нахилу стилуса.

У найдосконаліших п'єзоелектричних дигітайзерів робоча поверхня планшета має тактильну чутливість на базі п'єзоелектричного ефекту. Завдяки цьому введення інформації відбувається без спеціальних пір'їн. П'єзоелектричні дигітайзери дозволяють креслити так само, як на креслярській дошці.

Для перенесення зображення з плівки в комп'ютер використовують спеціальні дигітайзери. За допомогою таких дигітайзерів у кіностудіях можна вводити в комп'ютер фотографії акторів, пейзажів тощо.

*Пристрої сканувального введення* (сканери, цифрові відеокамери та фотоапарати). Сканувальні пристрої здійснюють оптичне введення інформації та автоматичне перетворення її в цифрову форму.

*Сканери* – це пристрої для введення в комп'ютер чорно-білих або кольорових зображень безпосередньо з паперового документа, тобто сканер перетворює зображення в його цифрову форму (по точках) і передає цей образ у комп'ютер.

*Сканування* – це переведення паперових документів в електронну цифрову форму, тобто це процес оцифрування зображень. У результаті сканування документа створюється растровий графічний файл, в якому

зберігається зображення вихідного документа. Цей набір пікселів ще не є документом в електронній формі, – це файл графічного формату (наприклад bmp, tiff, gif, psx, jpeg). Якщо оригінал містив текст, то відсканований файл не може бути прочитаний текстовим редактором. Текст відсканованих документів потрібно ще розпізнати. Це здійснюють програми розпізнавання тексту. Прикладом програми, що забезпечує високу якість розпізнавання тексту на різних мовах, є програма FineReader.

Принцип дії сканерів базується на освітленні паперового документу та перетворенні відбитого світла в цифрову форму. Найуживанішими зараз є планшетні сканери. У планшетних сканерах папір кладуть на спеціальну поверхню. Лінійка фотоприймачів переміщується відносно паперу і так здійснюється сканування документа та введення його в комп'ютер. Розрізняють чорно-білі (для введення тексту і рисунків, виконаних контуром), напівтонові, в яких кольори замінюються різним тоном сірого кольору, і кольорові сканери.

Якість сканера суттєво залежить від його *роздільної здатності* (максимальна кількість точок, яку здатний розрізнити сканер), яка має два показники: горизонтальна роздільна здатність та вертикальна. Горизонтальна роздільна здатність залежить від густини фоторецепторів на лінійці фотоприймачів, вертикальна роздільна здатність визначається мінімальним кроком зсуву каретки вздовж оригінала, наприклад,  $600 \times 800$  dpi. Роздільну здатність сканера вимірюють кількістю точок на дюйм – dpi (dots per inch). Першу величину ще інколи називають оптичною роздільною здатністю, а другу – механічною. У сучасних звичайних моделях сканерів ці характеристики досягають  $1200 \times 2400$  dpi, а в професійних –  $2400 \times 4800$  dpi і більше. Це основна характеристика сканера. Часто використовується інша характеристика – лінійна роздільна здатність. Під *лінійною роздільною здатністю* розуміють максимальну кількість точок однакового розміру, які можна розмістити на горизонтальному чи вертикальному відрізку зображення одиничної довжини.

Яка роздільна здатність потрібна сканеру? У випадку тексту для подальшого розпізнавання в програмі FineReader – 300 dpi в монохромному режимі, для простого кольорового друку – 300 dpi, для фотодруку – 600 dpi, для збереження зображень і перегляду їх тільки на комп'ютері – 200 dpi.

За точність передачі кольорів відповідає другий показник – *розрядність сканера* (глибина кольору), що вимірюється в бітах. Глибина кольору вказує на кількість кольорів, яку сканер може розпізнати. Наприклад, розрядність 8 бітів відповідає тому, що сканер може розпізнати 256 кольорів, або 256 градацій сірого кольору, 10 бітів – уже 1024

градації, 24 біти відповідають 16,7 млн. кольорів (зрозуміло, що в побуті в такій кількості кольорів немає потреби, хоча виробники сканерів уже заявили про 48-бітну розрядність домашніх сканерів). Але, як правило, додаткові біти необхідні тільки сканеру, а в комп'ютер передаються лише 24 біти.

Для зв'язку сканера з комп'ютером використовують спеціальні 8- або 16-розрядні плати, що під'єднані до шини ISA, або стандартний інтерфейс LPT. Більшість сучасних сканерів постачається з інтерфейсом USB, який має велику швидкість передачі даних. Взаємодія сканера з комп'ютером забезпечується спеціальним індивідуальним набором драйверів або через стандартні драйвери TWAIN-інтерфейса. Стандарт TWAIN – це стандарт обміну між прикладною програмою та зовнішнім пристроєм. Сканер формує інформацію в растровому вигляді і далі проводить векторизацію графічної інформації, оскільки зберігання інформації в растровому вигляді вимагає багато пам'яті.

*Цифрові камери* призначені для введення зображення безпосередньо з оригіналу в комп'ютер. Побутові цифрові фотоапарати з'явилися на початку 1990-х років (це були чорно-білі пристрої), і зараз цифрові технології розвиваються настільки стрімко, що цифрові фотокамери за якістю зображень та ціною наздоганяють традиційні (плівкові). До цифрових камер належать і Web-камери, які використовуються для організації відеоконференцій в Інтернеті.

В цифровому фотоапараті зображення через об'єктив проектується не на фотоплівку, а на світлочутливу матрицю. Далі значення електричних зарядів оцифровується і формується матриця пікселів. Якість зображення залежить від роздільної здатності. У професійних камерах роздільна здатність може досягати  $3264 \times 2448$  пікселів і більше, тобто це десятки мегапікселів (1 Мрпх = 1 мільйону пікселів). Потім цифрове зображення записується в FLASH-пам'ять і зберігається в графічному форматі JPEG, TIFF. Цифрові фотокамери обладнані LCD-екранами, які дають можливість одразу переглянути відзняті кадри. Цифрові фотокамери можуть бути під'єднані до ПК або до фотопринтера. Файл із цифровим зображенням на комп'ютері можна редагувати, ретушувати, споряджувати спецефектами, кадрувати, передавати каналами зв'язку тощо.

### **2.1.2. Пристрої виведення графічної інформації**

Існує багато різноманітних пристроїв для виведення графічних зображень. Найбільш типові – електронно-променеві трубки (монітори), дисплеї на рідких кристалах, графобудівники, матричні, струменеві та лазерні принтери тощо.

*Монітор* є основним пристроєм оперативного виведення інформації. Найбільш розповсюджені протягом багатьох років монітори на базі електронно-променевої трубки (CRT-монітори). Сьогодні випускаються монітори стандарту SVGA. Якість зображення на екрані монітора визначається як можливостями самого монітора, так і можливостями контролера SVGA (відеоконтролера).

Екран дисплейного монітора подається як набір дискретних точок, що утворюють регулярну прямокутну решітку – растр (від лат. *gastrum* – граблі). Точки растру формують зображення.

Основними параметрами монітора є розмір екрану, розмір зерна, швидкість оновлення зображень (частота кадрової розгортки), ступінь плоскості екрану (вища реалістичність зображення, менше відблисків).

Існує декілька стандартних розмірів діагоналі екрану: 15 дюймів (39 см), 17 дюймів (44 см), 19 дюймів (49 см), 21 дюйм (54 см) і т.д. Створення і редагування продукції комп'ютерної графіки вимагає, як мінімум, діагоналі екрану не меншої 17 дюймів. Інакше робоче середовище більшості графічних редакторів не поміщатиметься на екрані. Для професійної роботи з графікою використовують монітори з діагоналями 21 чи 22 дюйми.

Ще одним параметром, що визначає якість зображення (і відповідно, ціну монітора) є розмір зерна (0,21 – 0,29 мм). Чим менше зерно, тим якісніше зображення на екрані. Зерно – це мінімальна точка люмінофора (піксель), яка вимірюється в десятих частках міліметра. Як правило, для 15-дюймових моніторів розмір зерна складає від 0,25 мм до 0,28 мм. Величина зерна на 17-дюймових моніторах коливається в діапазоні 0,24 – 0,27 мм. Для сучасних CRT-моніторів величина зерна часто вимірюється віддалю між сусідніми точками люмінофора.

Близьким параметром до розміру зерна є *роздільна здатність*. Ця величина показує, скільки пікселів може вміститися на екрані. Роздільну здатність описують два числа, перше з яких показує кількість точок по горизонталі, друге – кількість горизонтальних ліній, наприклад 320×200.

Наведемо приклади деяких стандартних режимів:

640 × 480 для 14-дюймових моніторів;

800 × 600 для 15-дюймових моніторів;

1024 × 768 для 17-дюймових моніторів;

1280 × 1024 для 19-дюймових моніторів.

На практиці будь-який з цих моніторів може підтримувати і вищі роздільні здатності.

Іншою характеристикою моніторів є *частота вертикальної розгортки*, тобто частота оновлення кадрів, яку ще часто називають *частото-*

тою регенерації. Для комфортної роботи необхідно, щоб частота вертикальної розгортки складала не менше 85 Гц. Менша частота шкідлива для очей (миготіння на екрані швидко стомлює очі). Якщо частота вертикальної розгортки вища за 110 Гц, то людина вже не помічає ніякого мерехтіння зображення.

*Горизонтальна частота розгортки* показує кількість ліній, яку можна вивести на екран за 1 с. Для сучасних моніторів вона складає від 15 кГц до 100 кГц. Параметри моніторів пов'язані між собою, наприклад, якщо зменшити роздільну здатність, то зростає частота розгортки.

Істотними характеристиками для роботи з моніторами є ергономічні характеристики і характеристики безпеки. Ці характеристики для пристроїв комп'ютера визначаються стандартами ТСО.

Дисплеї зазвичай рекомендується розглядати з відстані, не меншої 0,5 м. Тому окремі пікселі стануть непомітні (людина не буде сприймати зображення як растрове) при роздільній здатності 200 dpi, оскільки на цій відстані пікселі вже не сприймаються як окремі точки, тому що відстань між ними  $dp < 0,14$  мм. Зазначимо, що в сучасних дисплеях роздільна здатність становить 100 – 120 dpi. Для зображення на папері, щоб на відстані 30 см не були помітні окремі пікселі, цей параметр повинен бути ще вищим (до 300 dpi), що відповідає відстані 0,085 мм між точками.

*Різновиди моніторів.* Розрізняють два класи моніторів: світловипромінювальні (монітори з електронно-променевою трубкою) і світлопропускні (монітори на рідких кристалах). Монітори на базі електронно-променевих трубок досі залишаються неперевершеними в основних вимогах, що пояснюється високою якістю зображення, відсутністю інерційності зображення, більш високою швидкістю зміни зображення, більшим кутом огляду, дешевою технологією виготовлення тощо.

CRT-монітори отримують зображення від пучка електронів, що випускається електронною гарматою і управляється електромагнітним полем. В результаті попадання електронного пучка на люмінофор на ньому утворюється світла точка – піксель. Яркість пікселя залежить від енергії електронного пучка. Електронний промінь пробігає екран зліва направо і зверху вниз із певною швидкістю, послідовно формуючи множину пікселів, які, зливаючись, сприймаються як єдине ціле.

Для створення кольорового зображення в конструкцію монітора входять три електронні гармати („червона”, „зелена”, „синя”). Керування вертикальною і горизонтальною розгортками у них спільне, а керування яскравістю кольору – роздільне. Конструктивно електронні гармати налаштовані так, що їх промені попадають в позицію одного пікселя

одночасно. На поверхню монітора наносяться три види люмінофора, кожний з яких випромінює свій колір. Випромінювання трьох кольорів сприймається як суміш кольорів. Для точного попадання в задану точку люмінофора необхідно електронний промінь сфокусувати до заданих розмірів у площині екрану, тому перед люмінофором ставиться спеціальна маска-решітка, яка звужує пучок і зосереджує його на одній із ділянок люмінофора. Без решітки зображення було б розпливчастим (у сучасних моніторах використовуються кілька типів решіток).

Монітори на базі CRT поділяються на векторні графічні дисплеї з регенерацією зображення (рисування відрізками) і растрові скануючі дисплеї з поточковим виведенням зображення.

*Монітори на основі дисплеїв із рідкими кристалами (LCD-монітори).* В основі роботи LCD-моніторів лежать оптичні властивості рідких кристалів. Як і в звичайних моніторах, у LCD-моніторах зображення створюється за допомогою матриці пікселів (LCD-комірок), яка формується рідкими кристалами. Рідкі кристали знаходяться між двома скляними панелями і володіють оптичними властивостями, тобто під дією електронів їх молекули можуть змінювати свою орієнтацію і внаслідок цього змінювати інтенсивність світлового променя, що проходить через них. Роздільна здатність LCD-монітора фіксована.

У наш час характеристики LCD-моніторів значно поліпшилися. Це монітори з відмінною чіткістю та ідеальною якістю геометрії зображень. Вони компактні, мають гарний дизайн, не генерують електромагнітне випромінювання і безпечні для здоров'я людини.

Одна з основних переваг LCD-моніторів – відсутність миготіння та мала енергоємність. До недоліків LCD-моніторів відносять обмеженість діапазонів кутів зору (вертикального та горизонтального), тобто варто трохи повернути дисплей, як помітно зміниться яскравість і кольори. Випускають такі монітори компанії LG, BenQ.

Зовсім недавно з'явилися *плазмові дисплеї (PDP)*. Технологія PDP базується на світловому розряді, що утворюється при рекомбінації іонізованого газу. Заряджений газ, що називається плазмою, випромінює світло в ультрафіолетовому діапазоні, який, потрапляючи на люмінофор, змушує його частинки світитися, але вже у видимому для людини діапазоні. Плазмову панель спрощено можна уявити як матрицю з маленьких неонових лампочок, кожна з яких вмикається незалежно і може світитися з різною інтенсивністю.

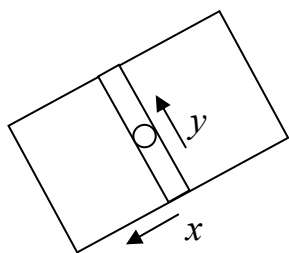


Рис. 2.1. Схема графобудівника

### ***Принтери, перові графобудівники, плотери.***

*Принтер* – це пристрій для одержання твердих копій цифрових зображень, для друку на папері тексту, графіків, зображень, креслень тощо. Нині найрозповсюджені лазерні, струменеві, матричні принтери. Лазерні принтери володіють широким діапазоном роздільної здатності: 300dpi, 600 dpi, 1200 dpi (для видавничих систем, що забезпечує досить високу якість зображення). Роздільна здатність принтера вимірюється в точках на дюйм. Наприклад, 300 dpi означає здатність принтера надрукувати на відрізок довжиною один дюйм 300 окремих точок. Сучасна технологія виготовлення друкувальних головок для струменевих принтерів забезпечує роздільну здатність до 300 dpi. Роздільна здатність матричних принтерів визначається розміром штирків, що формують зображення. Найбільш сучасні 48-голчаті матричні принтери мають роздільну здатність до 300 dpi.

*Графобудівники* – це пристрої траєкторного типу, в яких зображення на папір наноситься рухомим вузлом за допомогою пера з високою якістю зображень. Розрізняють планшетні та барабанні (рулонні) графобудівники. У планшетних носій зображення нерухомо закріплюється на площині графобудівника. Переміщення писального вузла на площині відбувається при русі кронштейна по осі  $x$  і при русі вузла з пером по кронштейну (по осі  $y$ ) з високою точністю (до сотих долей мм) (рис. 2.1).

Графобудівники випускаються різних розмірів: від мініатюрних до великих (5–8 метрів у ширину і довжину), тому корпус автомобіля вимальовується в натуральну величину. Носієм зображення можуть виступати папір, фотопапір, тканина, лист металу тощо. Різним носіям відповідає множина різних пристроїв для рисування: кулькові ручки, олівці, фломастери, грифельні олівці, чорнильні пера, лазерні промені, інструменти для гравіювання, різні різачки тощо.

Таке різноманіття типів носіїв та писальних вузлів забезпечує багато сфер застосування планшетних графобудівників. Наприклад, різні модифікації планшетних графобудівників використовують для розкрою одягу, матеріалу. Якщо замість писального вузла використовується ніж, то такі різучі плотери називаються *каттерами* (від англ. cut – різати).

Графобудівники оснащені своїми електронними блоками для переміщення головки з пером у двох напрямках. Більш складні блоки мають лінійні і навіть кругові інтерполятори, які викреслюють дуги. Графобудівники мають власну буферну пам'ять і навіть власні процесори. Тому зображення, підготовлене на ПК, можна повернути або масштабувати безпосередньо на самому графобудівнику.

*Основні характеристики графобудівників:* розмір носія зображення,

параметри пам'яті, дискретність руху писального вузла, параметри точності, швидкість креслення (швидкість – до десятків м/с, тому навіть чорнило в перо подається під тиском), прискорення руху пера (досягає 4g).

На планшетних графобудівниках отримують досить високоякісні високоточні зображення та гарну передачу кольорів.

Барабанні графобудівники більш складні в механічному плані, ніж планшетні. Перо в них пересувається вздовж нерухомого кронштейна, а носій зображення закріплюється на барабані, який обертається (інколи може обертатися і сам носій за допомогою притискувальних роликів). Точність виведення інформації барабанними плотерами нижча порівняно з планшетними, але відповідає вимогам більшості застосувань. Ці плотери компактніші та можуть відрізати автоматично від рулону паперу аркуш потрібного розміру.

Крім перових плотерів, виділяють плотери, які використовують растровий спосіб створення зображення. Наприклад, струменеві плотери формують зображення шляхом розпилення чорнила на папір за допомогою дрібних форсунок друкувального вузла. Ці плотери можуть бути і кольоровими, в них використовується стандартна для поліграфії схема СМУК.

На ринку плотерів є ще клас плотерів, які використовують електростатичну та лазерну технологію створення електронного зображення.

*Проектори.* Для демонстрації комп'ютерних зображень на великих екранах, наприклад під час проведення лекцій чи презентацій, використовують відеопроєктори. Проектор під'єднується до комп'ютера паралельно з монітором або замість нього і сигнал на нього подається безпосередньо з відеокарти комп'ютера. Основними характеристиками проєкторів є світловий потік, контрастність, роздільна здатність, діапазон розмірів екрану, вхідні та вихідні інтерфейси тощо.

## **2.2. Програмне забезпечення**

### **2.2.1. Основні поняття**

Програмне забезпечення КГ дуже різноманітне – від простіших програм до професійних графічних редакторів, які різняться сферою застосування, мовами програмування, різними режимами роботи (пакетний, діалоговий) тощо.

До програмного та технічного забезпечення графічної системи висуваються досить високі вимоги. Щоб побачити проблеми, які виникають при створенні графічних зображень, що працюють у реальному часі, розглянемо задачу обертання об'ємного зображення, що складається з 1000 ліній зі швидкістю 15об/с.

Об'єкт з 1000 ліній подається матрицею  $1000 \times 4$  однорідних координат крайніх точок відрізків. Обертання об'єкта задається шляхом множення цієї матриці на матрицю обертання розміром  $4 \times 4$ . Для проведення такого матричного множення потрібно 16 тис. операцій множення, 12 тис. операцій додавання і 1 тис. операцій ділення дійсних чисел. Звичайний універсальний комп'ютер таке множення матриць може виконати за 0,1 с. Оскільки для того, щоб картинка на екрані була рухомою, потрібно перерисовувати її не менше ніж 30 разів за секунду, то в цьому випадку картинка не зможе неперервно рухатись. Отже, потрібно використовувати або більш потужний комп'ютер, або більш детальне програмування множення матриць для зменшення часу виконання програми.

Для створення прикладного графічного ПЗ застосовують такі класи інструментальних засобів [5]:

- стандартні графічні пакети (графічні редактори, системи автоматизованого проектування);
- стандартні програмні системи, що не спеціалізуються на графіці, але підтримують певний набір графічних функцій (наприклад, офісні пакети);
- мови програмування високого/низького рівня;
- синтаксичні графічні розширення універсальних мов;
- спеціалізовані графічні мови;
- графічні засоби операційних систем;
- бібліотеки графічних функцій.

Жоден із вказаних класів інструментальних засобів не є універсальним, а зорієнтований на свої класи задач і відповідних користувачів.

Системи, що належать до перших двох класів, пришвидшують процес створення графічного ПЗ. Вони зорієнтовані на користувача, що не має професійної підготовки з програмування.

### **2.2.2. Найвідоміші графічні редактори**

*Графічні редактори* – це прикладні програми, призначені для створення й обробки графічних зображень на комп'ютері в діалоговому режимі. Професійний графічний діалог передбачає, крім уведення даних, вибір ліній, графічних елементів, інструментів із таблиць меню із зображеннями типових елементів. Вказати на пункт меню – означає вибрати відповідну команду, яка виконає програму побудови зображення елемента конструкції. Наприклад, щоб зобразити певну деталь, користувач не рисує цю деталь, а тільки вказує місце її знаходження та параметри.

Нині існує велика кількість графічних програм для роботи з графікою. Усі програми обробки графіки можна розділити на дві групи:

растрові та векторні. Зробимо невеликий огляд цих програм.

Деякі графічні редактори для роботи з растровою графікою орієнтовані безпосередньо на процес створення зображень (наприклад, Paint). У них акцент зроблений на застосуванні зручних інструментів для створення зображень.

Інший клас растрових редакторів спрямований на професійну обробку готових растрових рисунків із метою поліпшення їхньої якості. До таких програм належить, зокрема, найдовершеніший і популярний редактор **Adobe Photoshop**. Цей пакет програм має потужні можливості для обробки готових зображень і їх модифікацій. Цьому сприяє величезний набір різноманітних фільтрів та ефектів. Пакет володіє засобами відновлення пошкоджених зображень, ретушування фотографій тощо. Компанія Adobe поновлює графічний редактор Photoshop приблизно раз в два роки. Одна з останніх версій Photoshop CS3 Extended містить всі можливості стандартної версії графічного редактора і, крім цього, додаткові інструменти. В CS3 Extended можна працювати не тільки з 2D-графікою, а й із тривимірними моделями, накладати текстури, створювати анімацію, відкривати відеофайли, працювати як у відеоредакторі тощо.

**Corel PhotoPaint** – не менш відомий графічний редактор для обробки растрової графіки, який конкурує з Adobe Photoshop. Ця програма також має різноманітні інструменти для роботи з графікою, різниця лише в інтерфейсі та швидкості виконання графічних операцій.

**Photostyler** – ще один приклад редактора для роботи з растровою графікою. Ці програми використовують практично всі художники і фотографи для досягнення різних художніх ефектів. Вихідний матеріал для обробки в цих редакторах може бути отриманий різними шляхами: скануванням кольорової ілюстрації, введенням зображення з цифрової відео- або фотокамери. Крім того, звичайний фотоапарат теж можна використовувати для одержання електронних зображень, придатних для обробки в графічному редакторі, оскільки на пунктах проявлення фотоплівки введена нова послуга – запис фотознімків на компакт-диски.

Особливим класом програм для роботи з растровими зображеннями є програми-каталізатори. Вони дозволяють проглядати графічні файли різних форматів, створювати на диску зручні альбоми. Зручною програмою цього класу є програма **ACDSee32**.

У тих випадках, коли основними вимогами до зображень є висока точність і чіткість форми або коли необхідно створювати штрихові рисунки застосовують редактори, призначені для роботи з векторною графікою. Для роботи з векторною графікою використовуються програми Adobe Illustrator, CorelDraw, Macromedia FreeHand та ін.

Adobe Illustrator призначений для підготовки документів, що містять векторні та растрові зображення, тобто логотипів, плакатів, буклетів, брошур, Web-зображень тощо.

**CorelDraw** – лідер серед професійних векторних графічних редакторів. Цей багатофункціональний редактор призначений для обробки і створення векторної та растрової графіки, для підготовки файлів для графобудівників. Він є головною програмою для дизайнерів, зайнятих у сфері поліграфії та реклами.

Одним із найпопулярніших і зручних пакетів у галузі комп'ютерної анімації та 3D-графіки є професійний векторний пакет 3DStudio MAX. Він призначений для моделювання як окремих реалістичних зображень так і високоякісних 3D-анімаційних сцен. Досить задати лише геометрію сцени, тип матеріалу, джерела світла, розміщення камери, а пакет сам побудує зображення сцени. Програма володіє широкими можливостями моделювання освітленості, поступового перетворення форм об'єктів NURBS-моделювання, застосування різноманітних фільтрів, алгоритмами розрахунку тіні, динамічних властивостей рухомих об'єктів, спец-ефектів тощо. Більша частина сучасної TV-реклами створюється саме засобами 3DStudio.

**Macromedia Flash** – відомий у світі векторний редактор для анімації графіки. Основною сферою його застосування є графіка для Інтернет і комп'ютерні ігри.

**Maya** – система тривимірного моделювання (аналогічна 3DStudio MAX) має поліпшену фрактальну графіку, яка дозволяє більш ефективно моделювати складні поверхні.

**Bryce 3D** – одна з перших програм для моделювання ландшафту (рельєфу, води, рослин).

Для автоматизації проектно-конструкторських робіт призначена векторна програма **AutoCAD**. Цей програмний комплекс розроблений фірмою Autodesk на сучасному рівні розвитку машинної графіки. AutoCAD є основою для реалізації високоефективних технологій у проектуванні і потужним засобом моделювання складних каркасних полігональних і об'ємних конструкцій. Ця програма реалізовує багато функцій інженерної графіки, автоматизує розв'язування задач, які виникають в процесі проектування і є світовим лідером тривимірної векторної графіки.

Найрозповсюдженішим пакетом САПР у країнах СНГ є комплекс програм **КОМПАС** (нині КОМПАС-5). КОМПАС являє собою САПР загального призначення. Ця програма зорієнтована насамперед на підприємства машинобудівної галузі і їй надали перевагу біля 1500 промислових підприємств СНД.

### 2.2.3. Мови програмування графіки

Найуніверсальнішим, хоча і трудомістким, способом програмування графіки є програмування графіки засобами мов високого рівня: Pascal, C, C++, Visual Basic, Java, Delphi, C++Builder, Visual C++ та інші. Вони мають широкі можливості для створення графічних зображень. Ці мови програмування містять стандартні бібліотеки візуальних графічних компонентів, за допомогою яких можна швидко створити привабливий графічний інтерфейс до будь-якої прикладної програми, графічний редактор тощо. При цьому залежно від використаних розробником засобів, що надають мови програмування, графічні програми можна класифікувати на такі, що

- базуються на використанні процедур та функцій графічних бібліотек;
- створюються засобами BIOS;
- реалізують пряме звернення до портів відеоадаптера і комірок відеопам'яті;
- використовують асемблерні вставки для виконання графічних дій.

Мови програмування є гнучким інструментарієм, який дозволяє створити ефективне та швидкісне графічне ПЗ. При цьому формування зображення на екрані може бути поєднане з різними розрахунками.

Програми для створення графічних зображень будуються з процедур та функцій графічних бібліотек, призначених для побудови окремих графічних елементів. Наприклад, при побудові графічного зображення деякої машини основна програма використовує підпрограми зображення деталей, які в свою чергу, використовують підпрограми зображення елементів (наприклад, болтів), які використовують зображення прямих, дуг тощо. Іншими словами, ми маємо ланцюжок програм і тому можемо говорити про різні рівні програмного забезпечення (3, 4 або більше).

*На нижньому рівні* знаходяться програми, пов'язані з графічними пристроями. Наприклад, ті, що прямо звертаються до портів та комірок відеопам'яті. З геометричної точки зору ці програми прості, але від них вимагається висока раціональність у роботі (наприклад, програма побудови відрізка). Оскільки ці програми пов'язані з графічними технічними засобами, то пишуться вони мовою Асемблер або мовами, наближеними до машинних. Використання цих мов дозволяє підвищити продуктивність графічних програм завдяки збільшенню швидкості роботи програм.

*Програми другого рівня* розв'язують ширше коло задач машинної графіки і геометрії, використовуючи підпрограми нижнього рівня. Ці програми не прив'язані до конкретних марок графічних пристроїв.

*До вищого рівня* належать підпрограми, пов'язані вже з предметною

галуззю, зокрема підпрограми викреслювання фасадів, створення машинобудівних деталей.

Окрім універсальних мов, для програмування графіки ще застосовуються графічні мови високого рівня. Мовні засоби графіки – проблемно зорієнтовані мови програмування. Виділяють такі групи графічних мов: процедурні, автономні, мови розширення.

*Процедурні мови* – це пакети (бібліотеки) графічних підпрограм, які доступні з програм на різних мовах. До процедурних мов належать ГРАФОР, СМОГ, ДИГРАФ, АТЛАНТ, OpenGL, DirectX. Викликаючи відповідні процедури, графічні зображення будуються з окремих елементів.

*Автономні мови* – це спеціалізовані мови, що мають власну граматику та засоби опису геометричної і графічної інформації. Основною областю застосування цих мов є автоматизація програмування для устаткування з ЧПУ, систем автоматизації проектно-конструкторських робіт, систем геометричного моделювання. Для автономних геометричних мов існують спеціальні транслятори. Такі мови зорієнтовані на лексику конструктора. Як приклад можна навести мови СИМАК, AutoLisp.

*Мови розширення* будуються на основі універсальних алгоритмічних мов за рахунок їх графічного доповнення. Наприклад, мова CINEMIRA на основі Pascal, системи GALA, Автокод для мови Fortran, система DIGOS для мови ALGOL тощо. В цих мовах визначені графічні типи даних (наприклад, тип figure для задання статичних графічних образів, тип animated для задання залежних від часу фігур) та відповідні операції над ними (наприклад, об'єднання, перетин, масштабування, обертання тощо). Такий підхід дозволяє використати всі наявні в базовій мові потужні засоби обробки даних.

#### **2.2.4. Графічні засоби відеосистем**

Використання програмістами графічних можливостей відеосистеми може здійснюватися різними способами.

1. Шляхом прямого звернення до портів відеоадаптера та комірок відеопам'яті. Це найнижчий рівень програмування, тобто це програмування на фізичному рівні. Такі прийоми дозволяють створити найбільш оптимальні за швидкодією програми, а інколи одержувати ефекти, які інакше не можуть бути одержані. Однак рекомендувати такі прийоми можна лише в особливих випадках або при створенні спеціалізованих бібліотек графічних функцій. Основні проблеми тут пов'язані з трудоемкістю програмування та переносимістю програм.

2. Наступним, більш високим рівнем програмування графічних задач є використання можливостей відео-BIOS для виконання простіших графічних операцій (наприклад, визначення графічного режиму, виве-

дення пікселя на екран тощо). При цьому трудоемкість програмування зменшується, ступінь переносимості програм збільшується і програмісту вже не потрібно оперувати регістрами, бітами, фізичними адресами. Функції BIOS викликаються як програмне переривання. Всі функції відео-BIOS обслуговує програмне переривання 10H. Викликаються переривання з програми за допомогою функцій:

```
int 10H //мовою Assembler,  
intr($10, R) // мовою Pascal,  
genintrrupt(0×10) // мовою C++ .
```

3. Використання спеціалізованих графічних інтерфейсів та бібліотек (наприклад, OpenGL), які підтримуються апаратними можливостями сучасних графічних процесорів.

4. Використання функцій операційної системи. Різні операційні системи в цьому плані мають різні можливості. В MS DOS практично немає графічних функцій, однак програміст має вільний доступ до апаратних засобів, зокрема до відеопам'яті. Операційна система Windows забороняє прикладним програмам безпосередній доступ до відеопам'яті, але містить кілька сотень графічних функцій – інтерфейс API (Application Programming Interface – інтерфейс прикладного програмування). Функції Windows API повністю забезпечують програміста набором засобів для розробки будь-яких програм. Вони можуть бути викликані з будь-якої мови програмування високого рівня, для якої існує компілятор для Windows. Підключення функцій Windows API здійснюється через інтерфейсний модуль Windows.pas.

Основою графічної підсистеми Windows є прикладний інтерфейс GDI та GDI+ (Graphic Device Interface, інтерфейс графічного пристрою), що являє собою набір стандартних функцій графіки, які забезпечують доступ до різних установлених у Windows графічних пристроїв, як-от екран, принтер, плотер. Інтерфейс GDI апаратно-незалежний, тобто дозволяє програмісту однаково працювати з будь-яким графічним пристроєм, а прикладній програмі при виведенні графіки використовувати одні й тіж самі функції GDI для малювання на різних пристроях.

В основі роботи GDI з графічними пристроями лежить поняття контексту пристрою (DC). Контекст пристрою (контекст відображення) – це логічний об'єкт системи Windows, який зв'язаний із фізичним пристроєм і замінює його у функціях виведення. З погляду прикладної програми, контекст пристрою – це віртуальний екран із необхідними атрибутами. Фактично це посилання на пристрій виведення, тобто ідентифікатор, присвоєний ОС даному пристрою. Коли функція GDI будує зображення в контексті пристрою, зв'язаний із ним драйвер (графічна система

Windows працює з зовнішніми пристроями через драйвери) перетворює операції малювання в команди конкретного фізичного пристрою, який інтерпретує вхідні команди і відтворює зображення. Найрозповсюдженішим пристроєм виведення є дисплей. Тобто контекст пристрою – це міст між програмою і драйвером пристрою. Контекст дисплея дозволяє інтерпретувати кожне вікно прикладної програми як окремий пристрій відображення.

Функції GDI вимагають як один зі своїх аргументів посилання на контекст пристрою. Тип такої величини – `hdc` (Handle Device Context, посилання на контекст пристрою). Після одержання посилання на контекст пристрою, графічне виведення в GDI здійснюється шляхом виклику з Windows-додатків функцій, що малюють графічні примітиви. GDI підтримує сотні графічних функцій, більшість з яких знаходиться в бібліотеці `gdi32.dll`. Наведемо деякі групи цих функцій:

- растри (функції створення растрів, пікселів, заливок);
- колір (функції, що управляють палітрою кольорів);
- координати (функцій перетворення координат);
- лінії і криві (функції виведення прямих ліній, кривих Безьє);
- прямокутники (функції побудови прямокутників);
- пера (функції для роботи з атрибутами виведення ліній);
- відсікання (функції, що визначають межі області виведення в контексті пристрою) та ін.

Проілюструємо приклади деяких функцій графічного виведення в GDI:

- `function Rectangle(DC:HDC;x1,y1,x2,y2:integer):bool` – виведення прямокутника з координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ;
- `function Ellipse(DC:HDC;x1,y1,x2,y2:integer):bool` – виведення еліпса в прямокутнику з координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ .

Дескриптор DC є ідентифікатором контексту пристрою і визначає пристрій для виведення зображення. В такий спосіб одні й ті самі функції виводять графічні зображення на пристрої різної фізичної природи.

Хоча для більшості прикладних програм вистачає можливостей і швидкодії GDI, для програмування, наприклад, комп'ютерних ігор необхідна швидка графіка, для якої GDI не підходить. Тому для програмування швидкої графіки та мультимедійних додатків створюються сучасні графічні інтерфейси. Одним із найбільш відомих графічних інтерфейсів є OpenGL. Цей інтерфейс являє собою бібліотеку графічних функцій. Він підтримується багатьма операційними системами (в тому числі й Windows) і виробниками графічних акселераторів. Другим відомим графічним інтерфейсом є бібліотека DirectX із підсистемою Direct3D для створення тривимірної графіки. Цей стандарт призначений лише для

операційної системи Windows. Відомі також розробки інших інтерфейсів (наприклад, інтерфейс Glide для графічних відеоадаптерів Voodoo).

## 2.3. Види комп'ютерної графіки

Незважаючи на те, що для роботи з КГ існує багато різних програм, розрізняють всього три види комп'ютерної графіки: растрова, векторна та фрактальна. Вони відрізняються принципами формування зображення при відображенні його на екрані монітора та при друкуванні на папір.

### 2.3.1. Растрова графіка

У растрових системах зображення розбивається на рядки, базовим елементом яких є точка. Растрова модель цифрового зображення – це прямокутна матриця елементів, кожен з яких у закодованому вигляді зберігає значення яскравості (кольору) відповідної точки зображення.

**Растр** – це сукупність точок (матриця елементів), заданих на дискретній плоскій прямокутній решітці. Якщо зображення екранне, то ці точки називають пікселями (від англ. picture element – елемент картини).

**Піксель** – це неділиме зерно зображення, тобто мінімальний елемент зображення на екрані, який може бути згенерований комп'ютером. Кожний піксель має свій колір. Сукупність пікселів різного кольору утворює зображення, тобто растрове зображення в пам'яті комп'ютера – це набір даних про колір пікселів, упорядкованих за рядками. Для опису розташування пікселів використовують різноманітні системи координат, найчастіше – систему цілих координат  $(x, y)$  із координатами  $(0,0)$  у лівому верхньому куті екрану, де  $x$  – номер рядка,  $y$  – номер пікселя в рядку.

Відображення довільного об'єкта на цілочислову решітку називається розкладом його в растр. Наприклад, лінія в растровій графіці задається матрицею дискретних точок (пікселів). Тому на екрані можна зобразити лише апроксимацію лінії, причому кількість елементів лінії залежить від роздільної здатності екрану. Растровий алгоритм – це алгоритм, який враховує властивість растру для роботи програми, що реалізує графічні примітиви.

Відзначимо основні проблеми растрової графіки:

1. У растровій графіці для створення та збереження якісного зображення використовують великі масиви окремих точок. Наприклад, стандартна фотографія повинна містити приблизно  $1000 \times 1500$  пікселів (1,5 млн точок) і, якщо на кодування однієї точки відводиться 3 байти, то такій фотографії відповідає масив даних, більший 4 Мб.

2. Другий недолік растрової графіки пов'язаний із масштабуванням зображення. Оскільки зображення складається з точок, то збільшення зображення приводить до збільшення розмірів пікселів, що

спотворює графічну ілюстрацію. Жодних додаткових деталей при збільшенні растрового зображення розглянути неможливо.

До переваг растрової графіки належить висока реалістичність зображень, тонка передача кольорів, можливість впливу на кожний піксель зображення. Растрову графіку застосовують здебільшого не для створення графічних зображень, а при їх обробці. Наприклад, при корекції, ретушуванні фотографій чи ілюстрацій, одержаних на сканері чи цифровому фотоапараті. Всі растрові програми умовно можна поділити на статистичні та динамічні. До статистичних редакторів належать Adobe Photoshop, Canvas, Adobe Photo Paint, Paint Shop Pro, до динамічних – AnimagicGIF, Photo GifAnimator та ін.

### 2.3.2. Векторна графіка

Растрові і векторні зображення суттєво відрізняються за способом представлення графічної інформації. *Векторні зображення* – це зображення, які побудовані з графічних примітивів, що задаються своїми характерними параметрами (для кожного примітиву свої параметри).

У растровій графіці основним елементом зображення є точка, а у векторній графіці – лінія (контур), яку ще називають і вектором. Контур може бути прямою або кривою лінією, замкненим або відкритим. Кожний контур має дві або більше опорних точки (вузли). Між двома вузлами міститься сегмент контуру. Форму контуру задають через опорні точки. Над контуром можна виконувати операції комбінування та об'єднання. У векторній графіці все складається з ліній. У растровій графіці теж є лінії, але вони розглядаються як сукупність точок, і чим довша растрова лінія, тим більше пам'яті вона займає. У векторній графіці обсяг пам'яті, яку займає лінія, не залежить від розмірів лінії, оскільки лінія подається у вигляді формули (кількох параметрів).

Оскільки лінія є основним об'єктом векторної графіки, а складніші об'єкти у векторній графіці складаються з простіших (ліній), то векторну графіку називають ще об'єкто-зорієнтованою графікою. У ній зображення створюється шляхом комбінації різних примітивів. Файли векторної графіки для створення зображення містять тисячі різних команд типу “рисує лінію від *A* до *B*”, набори параметрів, інформацію про колір, дані про шрифти, що можуть бути включені в рисунок.

Ключовим моментом векторної графіки є використання для опису об'єктів комбінації комп'ютерних команд та математичних формул. Для кожного об'єкта (або класу об'єктів) визначається набір параметрів, який визначає його зовнішній вигляд. Але хоча об'єкти векторної графіки зберігаються в пам'яті як набір параметрів, зображення об'єктів на екран виводяться у вигляді точок-пікселів, оскільки такою є будова екрану.

Перед виведенням кожного об'єкта на екран відбувається процес розкладання векторного зображення в растр тобто програма обчислює координати екранних точок зображення об'єкта. Тому векторну графіку ще називають і обчислювальною графікою.

Крім геометричних параметрів векторні об'єкти мають параметри кольору контура, кольору заповнення, текстури тощо. Для векторних об'єктів (коло, квадрат, лінія) колір стосується об'єкта в цілому. Колір об'єкта зберігається в його векторному описі. У растрових об'єктах потрібно зберігати інформацію про колір для кожного пікселя. Векторна графіка не має зазначених недоліків растрової графіки, тому векторна графіка "економна" в плані обсягів файлів, оскільки зберігає не саме зображення, а тільки параметри зображення. Так, для збереження лінії другого порядку у векторній графіці необхідно приблизно 10 параметрів (20 байтів). Складні композиції, які складаються з 1000 об'єктів, займають всього десятки або сотні Кб.

Найважливіший аспект векторної графіки полягає в тому, що можна змінювати розміри векторного рисунка без втрати його якості. У векторній графіці легко розв'язується питання масштабування. При збільшенні зображення можна розглядати і деякі деталі зображення, тобто маємо можливість змінювати розміри векторного рисунка без втрати якості. Це найбільша перевага векторної графіки.

Недоліком векторної графіки є її програмна залежність. Кожна програма зберігає дані в своєму форматі, тому зображення, створене в одному редакторі, як правило, не конвертується в формат іншої програми без похибок. Виключення складає лише файловий формат AI програми Adobe Illustrator. Формат AI підтримується практично усіма програмами векторної графіки.

Крім цього, оскільки основним об'єктом векторної графіки є лінія, то засобами векторної графіки складно створювати художні ілюстрації, вони не здатні показати оригінал так реалістично, як це дозволяє зробити растровий рисунок. Тому векторна графіка використовується не для створення художніх композицій, а для оформлювальних та проектно-конструкторських робіт. Векторні засоби широко застосовуються в рекламних агентствах, редакціях, видавництвах, студіях дизайну. Разом із цим векторна графіка знайшла широке застосування і в комп'ютерній анімації. Для збереження або передачі мультфільмів по лініях зв'язку не потрібна обробка всіх кадрів фільма, достатньо відправити лише перший та останній кадр фільму, форму траєкторії, швидкість показу кадрів тощо, а браузер користувача згенерує всі кадри для проглядання фільму.

Прикладами векторних програм можуть бути CorelDraw, Adobe Illustrator, AutoCAD, Macromedia Flash для роботи з двовимірною графікою та 3DStudio MAX, 3DImpact, Bryce3D, Xara3D, Alias Maya для тривимірної графіки.

### 2.3.3. Фрактальна графіка

*Фрактальна графіка* – це графічне зображення фрактальних множин. Під фракталом у КГ розуміють структуру, яка складається з частин, які в певному розумінні подібні цілому. Поняття фрактала, фрактальної геометрії з'явилося в кінці 70-х років і нині має широке застосування.

Фрактальна графіка, як і векторна є обчислювальною, однак базовим елементом фрактальної графіки є математична формула, тобто жодні об'єкти в пам'яті комп'ютера не зберігаються. Саме зображення зберігається у вигляді формули (програми), за якою воно будується. Одним рівнянням можна описати цілий об'єкт. Змінивши параметри, матимемо інший об'єкт (з'являється можливість ефективної анімації). Іншими словами, створення фрактальної художньої композиції полягає не в рисуванні чи оформленні, а в програмуванні. Програми фрактальної графіки автоматично генерують зображення (візерунки) шляхом математичних розрахунків. Тому саме завдяки компактності математичного апарату, необхідного для відтворення фракталів (за допомогою декількох коефіцієнтів можна задавати поверхні та лінії складної форми), вони знайшли широке застосування в комп'ютерній графіці.

Фрактальна графіка незамінна при генерації надзвичайних зображень та при ілюстрації складних неевклідових об'єктів, зразки яких схожі на природні. Фрактальними властивостями володіють багато об'єктів живої та неживої природи. Звичайна сніжинка (багатократно збільшена) є фрактальним об'єктом. Фрактальні алгоритми лежать в основі росту кристалів, коралів, рослин (кожна дочірня гілка повторює властивості гілки більш високого рівня). Фрактали використовують для генерування поверхні місцевості, штучних хмар, гір, поверхні моря, а також у фізиці (фізика твердого тіла), економіці (аналіз коливання курсу валют) тощо.

Фрактальна графіка – особливий напрямок *когнітивної графіки*. Когнітивна функція фрактальної графіки, як і графіки взагалі, полягає в тому, щоб за допомогою деякого зображення отримати нове знання, про яке дослідник навіть не здогадується. Тобто з'явилася можливість образного моделювання, а отже, й можливість впливати на творчу діяльність людини, оскільки образне мислення набагато ефективніше за мислення, що спирається на символічні перетворення.

У фрактальній математиці виникають чимраз новіші сфери застосування. Наприклад, перспективним напрямом є створення алгоритму

фрактального стиску графічної інформації (алгоритм був знайдений у 1991 р.). Фрактальний архіватор розпаковує значно швидше за ближчого конкурента JPEG не лише статичну інформацію, але й відео. У 1992 р. компанія Microsoft випустила диск-енциклопедію про квіти, дерева, живописні місця. На цей диск було записано 7 год звуку, 100 анімаційних роликів, 800 карт місцевостей, 7000 якісних фотографій.

Звичайний компакт-диск у 650 Мб без використання стиску може містити 56 хв звуку або 700 фотографій розміром 640 × 480 пікселів.

## 2.4. Графічні файлові формати

Для збереження графічної інформації в комп'ютерній графіці застосовуються щонайменше три десятки форматів файлів. Для ефективної роботи з графічним зображенням важливо зробити правильний вибір одного з численних графічних файлових форматів. Розмір графічного файла істотно залежить від характеру зображення та вибраного формату. Назви форматів файлів знаходяться в розширенні імені графічного файла.

*Формат графічних файлів* – це набір правил і методів, згідно з якими дані, що містять графічні зображення, записуються у файли. Графічна інформація у файлах кодується не так, як у пам'яті комп'ютера.

Різні графічні файлові формати реалізують різні способи опису графічної інформації у файлах та різні технології їх компактного подання. Типи форматів визначаються способом збереження і типом графічних даних. Неправильно вибраний формат може зайняти надто великий обсяг пам'яті або привести в процесі стиску графічної інформації до неприпустимої втрати якості зображення. Вибираючи формат файлів, необхідно пам'ятати, що даний формат повинен підтримуватися заданою сферою застосування. Графічні редактори, як правило, дозволяють працювати з графічними файлами кількох форматів, а також конвертувати файли з одного формату в інший.

Формати графічних файлів можна класифікувати за різними ознаками. Наприклад, їх можна розділити на [5]:

- ті, що кодують тільки одне зображення;
- ті, що можуть кодувати декілька зображень і при демонстрації з деякою частотою сприймаються як фільм.

Останні формати називаються анімаційними. Найпримітивніші анімаційні формати зберігають повні зображення, які показують одне за одним. Досконаліші анімаційні формати зберігають лише різницю між двома сусідніми зображеннями (фрейми). До анімаційних форматів, зокрема, належать ANI, DAT, FLC, FLI, MVE, VIC, SMP тощо.

Як подальший розвиток анімаційних форматів можна розглядати формати мультимедіа. Вони розроблені для того, щоб в одному файлі

зберігати дані різних форматів (графіку, звук, відеоінформацію тощо). Прикладом мультимедіаформату є формати AVI (Audio Video Interleaved – чергування аудіо та відео), MPEG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, що використовуються для роботи з зображеннями в системі Windows. У форматі AVI сектори відеоданих чергуються із секторами звукових даних. У форматі AVI підтримується ряд палітр: 8-бітна, 16-бітна, 24-бітна, 32-бітна.

Класифікацію файлів комп'ютерної графіки можна здійснити і за видами комп'ютерної графіки, тобто розрізняють растрові, векторні файлові формати та метафайлові формати:

- растрові формати (BMP, PCX, GIF, JPEG, PNG, RLE, DIC, TIFF, CAM, CLP, IMG, PSD, TGA, DCM, FIF);
- векторні формати (AutoCad DXF, AI, DWF);
- ті, що сполучають растрові та векторні зображення (EPS, PIC, CDR);
- метафайли (CGM, PDF, EMF, WMF), які, крім інформації про растрові та/або векторні зображення, містять також самі команди візуалізації (інструкції Windows), тобто метафайли є послідовністю команд інтерфейса GDI, які створюють результуючий малюнок на екрані.

Растрові формати служать для опису растрової графіки, що являє собою набір числових значень, які визначають колір окремих пікселів.

Векторні формати служать для збереження зображень у вигляді сукупності геометричних примітивів. Графічні формати цього типу складаються або зі списку примітивів, або інструкцій для побудови цих примітивів. Окрім цього, у векторному файлі зберігаються атрибути примітивів. Об'єкти складної форми утворюються з базових примітивів за допомогою різних операцій.

Розглянемо приклади деяких графічних форматів.

**Формат BMP** (від слова bitmap) широко використовується в ОС Windows для обміну растровими зображеннями між додатками. Цей формат досить відомий, його розуміють майже всі програми, що працюють під Windows. BMP-файл має просту структуру. Растрове зображення складається з елементарних точок. Тому в графічному файлі растрового формату BMP зберігаються координати точок зображення та значення їх кольору. В бітовому масиві послідовно записуються байти рядків растру. BMP-файл зберігає єдине зображення з 1, 4, 8 та 24 бітами на піксель. Растр тут зберігається майже в тому вигляді, в якому він записується в оперативну пам'ять для відображення та обробки, тому BMP-файли займають багато пам'яті, навіть невеликі кольорові зображення з роздільною здатністю  $640 \times 480$  вимагають кількох мегабайтів.

**Формат PCX.** Цей растровий формат зручний для зберігання зображень типу ділової графіки (креслення, діаграми, схеми тощо). У

форматі PCX використаний один із варіантів алгоритму ущільнення RLE, що означає групове кодування. RLE – один із найдавніших і найпростіших алгоритмів ущільнення графіки, що базується на такій ідеї: якщо в деяких растрах трапляються ланцюжки з однакових пікселів, то у файлі замість цих ланцюжків зберігаються пари чисел – лічильник повторень та саме значення. Чим довші ланцюжки, тим більше ущільнення.

**Формат GIF** (Graphics Interchange Format) є одним із найвідоміших ущільнених форматів для зберігання та передачі файлів растрових зображень. Він був запропонований як незалежний від апаратного забезпечення засіб обміну растровими зображеннями в мережі Internet. Основна перевага цього формату – висока ступінь стискування без особливих втрат, що досягається застосуванням алгоритму ущільнення, який належить до класу LZW-алгоритмів. В алгоритмах класу LZW використовується словниковий метод ущільнення. Створюється словник, що містить повторювані послідовності символів (фрази), які зустрічаються в масиві, що кодується. Кожна фраза отримує код (індекс) у словнику. Кодування масиву символів виконується заміною фраз відповідними індексами зі словника.

У файлах формату GIF близько розміщені однакові за кольором точки групуються в горизонтальні лінії. Це дозволяє істотно зменшити об'єм графічного файла. GIF-формат ефективно стискує графічні малюнки з великими фрагментами однорідної заливки, але погано стискує фотографії, оскільки фотографії містять багато відтінків. Обмеження GIF полягає ще і в тому, що кольорові зображення не можуть бути записані в режимі більше ніж 256 кольорів, однак у багатьох випадках цього достатньо, наприклад для передачі графічних зображень в Internet.

Оскільки при візуалізації зображень у цьому форматі передбачено черезрядкове відображення (спочатку виводиться кожний восьмий рядок, потім – кожний четвертий і т.д.), то користувач може оцінити зображення за його частиною і перервати прийом зображення, не чекаючи виведення всіх рядків зображення. GIF-формат може містити не одне, а кілька растрових зображень, які браузері довантажують одне за одним із зазначеною у файлі частотою, тобто GIF-формат підтримує анімацію.

**Формат JPEG** або *JPG* (Joint Photographics Experts Group) – один з найрозповсюдженіших растрових форматів. Він застосовується для відображення фотографій та інших тонових зображень в електронних мережах. Він використовує ефективні алгоритми ущільнення, що сприяє значному скороченню обсягу файла (економить від 50% до 70% обсягу пам'яті), однак дає втрату інформації. У форматі JPG можна одержати файл у 500 разів менший за розміром ніж BMP. Це найменші за обсягом

графічні файли. Для цього реалізована ціла група алгоритмів стиску, зокрема алгоритм стиску, що збільшує розміри пікселів зображення, тобто утворює блоки з  $8 \times 8$  пікселів і для кожного блока формує набір чисел. Перші кілька чисел представляють колір блока, а наступні числа відображають різницю між пікселями. Так зменшується розмір графічного файла, але при цьому губиться інформація, яка майже не відчувається оком. Оскільки під час стиску втрачаються частини інформації про колір, то в JPG-форматі не бажано зберігати зображення, для яких важливі всі особливості передачі кольорів. JPEG краще стискує растрові фотографічні зображення, ніж логотипи чи схеми. З меншими втратами стискаються зображення з високою роздільною здатністю (200–300 dpi). Більшість зображень в Internet подано форматом JPG.

**Формат TIFF** (Tagget Image File Format) розроблений для зберігання відсканованих зображень із високою роздільною здатністю (високою якістю) та для обміну документами між різними програмами і різними комп'ютерними платформами. TIFF дозволяє зберігати в файлі декілька зображень і може використовувати різні моделі кольорів, має найбільш широкий діапазон передачі кольорів – від монохромного до 32-бітного, підтримує багато методів ущільнення. TIFF – це підтримка швидкого доступу до окремих фрагментів зображення.

**Формат CDR** використовується програмою Corel Draw, яка на сьогодні є однією з найпопулярніших серед програм, що дозволяють створювати векторні зображення. CDR дозволяє записувати векторну й растрову графіку, а також текст. Одна з властивостей векторних форматів – відтворення масштабованих зображень без погіршення якості. Файли Corel Draw мають робоче місце до  $45 \times 45$  м.

**Формат PSD** – це власний формат програми Adobe Photoshop, один з найпотужніших форматів збереження растрової графічної інформації. Підтримує 48-розрядне кодування кольору, різні колірні моделі. Але відсутність ефективного алгоритму стиску приводить до великого обсягу файлів.

**Формат AI** – це власний векторний формат програми Adobe Illustrator. Цей формат підтримують практично всі програми векторної графіки.

**Формат DXF** (Drawing Exchange Format) розроблено в 1982 р. для обміну кресленнями та іншими графічними документами в середовищі AutoCad. DXF зараз підтримується багатьма графічними програмами. Формат DXF-файла представляє собою повний опис креслення в текстовій формі коду ASCII.

**Формат PDF** – це формат представлення документів, він призначений для електронних публікацій і передачі графіки в мережі Internet.

У цьому форматі зберігаються документи, які можна тільки читати і не можна редагувати. Файл у форматі PDF може містити елементи, що забезпечують пошук і перегляд електронних документів, зокрема гіпертекстові посилання, посилання на мультимедійні файли, електронні заголовки. Більшість графічних пакетів дозволяють конвертувати свої документи в PDF-файли. Проглядати PDF-файли можна за допомогою програм Adobe Photoshop, Adobe Acrobat, Foxit Reader. Формат PDF апаратно-незалежний, тому виведення зображень може здійснюватися на різні пристрої.

*Формат PNG* є відносно новим форматом, що прийшов на зміну GIF. Цей формат використовує стиснення без втрат. Стиснуті PNG-файли, як правило, менші, ніж аналогічні GIF-файли.

*Формат DjVu* – це нова технологія стиснення зображення з метою розміщення в Internet відсканованих документів (книг, журналів, документації, зображень) високої якості. Зазвичай DjVu стискує в 5-10 разів краще, ніж JPEG, GIF для кольорових документів, у 3-8 разів краще, ніж TIFF для чорно-білих документів. Кольорові сторінки, відскановані з роздільною здатністю 300 dpi, можуть бути стиснені з 25 Мб до 30-100 Кб, чорно-білі – до 5-10 Кб. Зазначимо, що DjVu-плагін доступний для стандартних браузерів.

Існують програмні засоби, які дозволяють перетворювати файли з одного графічного формату в інший. Наприклад, кожного разу, коли векторний файл направляється на пристрій виведення (монітор), він підлягає операції побудови растру – перетворення зображення в окремі пікселі. При раструванні програма повинна розрізнити векторні об'єкти, а потім створити растрове зображення.

При обернених перетвореннях растрових файлів у векторні, растрові зображення трасуються за допомогою відповідних програм, які відстежують групи пікселів з однаковим або схожим кольором і створюють схожі групи векторних зображень. Прикладом програми трасування растрових зображень є програма CorelTrace.

### **Контрольні питання та завдання**

1. Назвіть пристрої введення/виведення графічної інформації.
2. Вкажіть основні характеристики сканера, опишіть принципи роботи.
3. Порівняйте технології формування зображень на різних моніторах.
4. Назвіть основні характеристики сучасних моніторів.
5. Назвіть функції та характеристики графобудівників і принтерів.
6. Що таке роздільна здатність графічних пристроїв?
7. Коротко охарактеризуйте найпоширеніші графічні редактори.

8. Які класи інструментальних засобів використовують для створення графічного програмного забезпечення?
9. Які класи графічних мов ви знаєте? Наведіть приклади.
10. Назвіть найвідоміші API для роботи з графікою.
11. Що являє собою інтерфейс GDI? Що таке контекст пристрою?
12. Назвіть види графіки. Дайте їх порівняльну характеристику.
13. Що таке піксель, растр, роздільна здатність растру?
14. Що собою являє растрове/векторне зображення в пам'яті комп'ютера?
15. Назвіть переваги та недоліки растрової/векторної графіки.
16. Що є основним елементом векторної/ фрактальної графіки?
17. Дайте коротку характеристику програм для роботи з графікою.
18. Назвіть основні растрові та векторні графічні формати.
19. Охарактеризуйте основні методи стискання графічної інформації.

### **Вправи і задачі для самостійного виконання**

1. Зображення з роздільною здатністю 100 dpi має розміри в 200 пікселів. Знайти фактичну висоту/ширину зображення. Які розміри матиме зображення, якщо роздільну здатність збільшити в 2 рази?
2. Сканується квадратне зображення зі стороною в три дюйми. Лінійна роздільна здатність становить 100 dpi. Скільки пікселів буде містити оцифроване зображення?
3. Зображення розміром  $4 \times 4$  дюйми сканується з роздільною здатністю 300 dpi. Знайти загальну кількість точок такого оцифрованого зображення. Обчислити затрати пам'яті для різних графічних режимів:
  - а) True Color (24 біти на точку);
  - б) High Color (16 бітів на точку);
  - в) Line Art (1 біт на точку).
4. Необхідно відсканувати зображення шириною три дюйми на сканері з максимальною оптичною здатністю в 600dpi. Знайти кількість світлочутливих елементів лінійки фотоприймача, які будуть задіяні в цій процедурі. Скільки датчиків буде задіяно, якщо роздільну здатність сканера зменшити вдвоє?
5. Око людини з нормальним зором може розрізняти об'єкти з кутовим зміщенням  $\beta$  біля однієї хвилини. Якщо віддаль до об'єкта дорівнює  $d$ , то віддаль між об'єктами  $s = d\beta$ . Припустимо, що людина розрізняє пікселі відповідно до цього мінімального розміру. Оцініть роздільну здатність растру, в якому людина не побачить окремих точок растру. Обчислення виконати при 1)  $d = 300$  мм, 2)  $d = 500$  мм. З якої віддалі потрібно розглядати екран з роздільною здатністю 100 dpi, щоб людина не побачила окремих пікселів?