

Лекція

Поняття комп'ютерної графіки. Види зображень.
Колірні системи. Призначення та класифікація
засобів обробки графічних даних. Формати
графічних файлів. Засоби перегляду зображень та
перетворення графічних форматів.

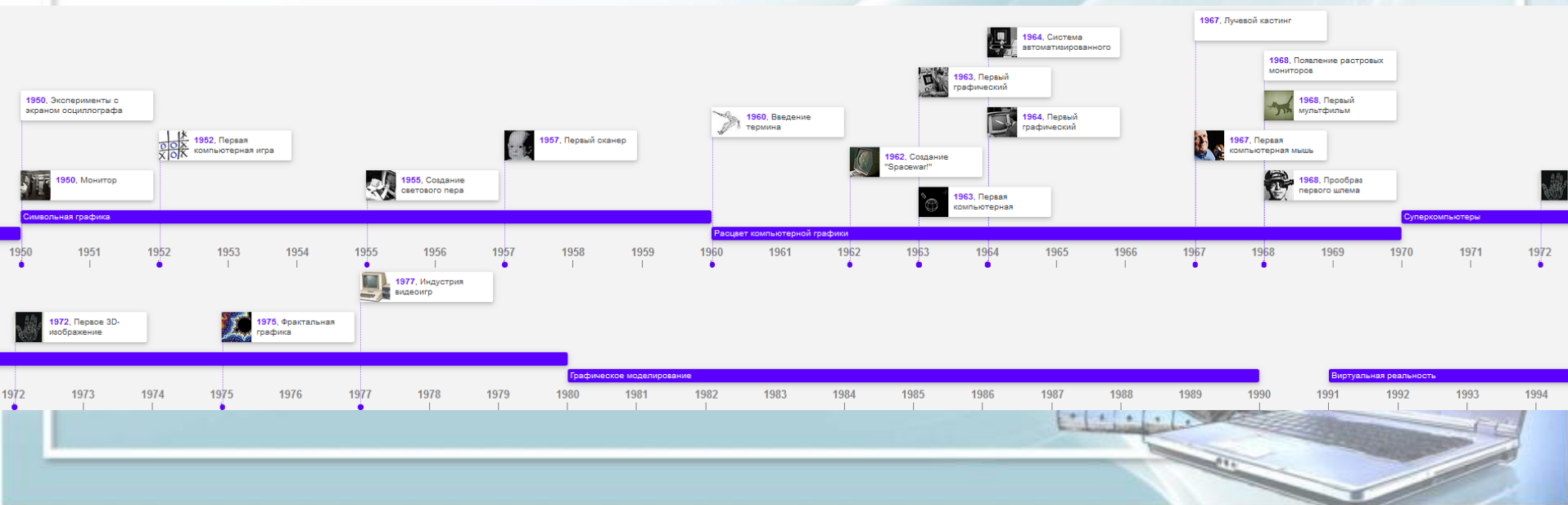


Комп'ютерна графіка

- Історія розвитку комп'ютерної графіки
- Сфери застосування комп'ютерної графіки



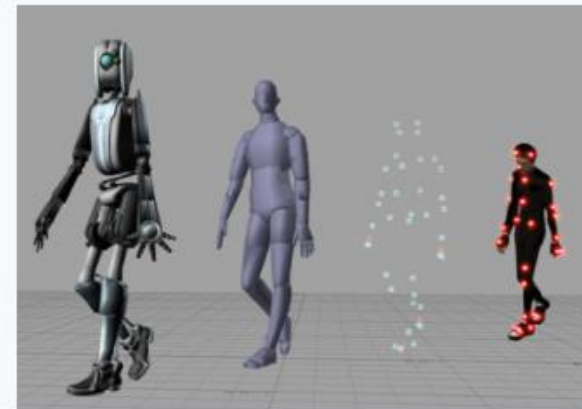
- *Комп'ютерна графіка* — галузь людської діяльності, пов'язана з використанням комп'ютерів для створення зображень і обробки візуальної інформації, отриманої з реального світу.
- *Комп'ютерна графіка* виділена в окрему галузь, яка вивчає методи і засоби створення, обробки та використання зображень за допомогою програмно-апаратних засобів.



Першою офіційно визнаною спробою використання дисплея для виведення зображення з ЕОМ з'явилося створення в Массачусетському технологічному університеті машини Whirlwind-I (Вихор-1) у 1950 р. Термін "комп'ютерна графіка" придумав в 1960 р. співробітник компанії **Boeing** Уільям Феттер.

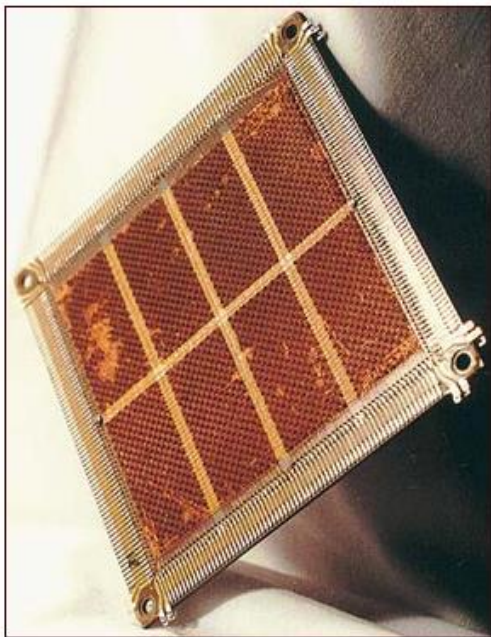


Three-dimensional (3D)
computer graphics



Джей Форрестер (Jay Wright Forrester, 14.07.1918) запатентував **пам'ять на магнітних сердечниках**. Уперше така пам'ять застосована на машині **Whirlwind-1** (Вихор-1). Вона являла собою два кубом з 32x32x17 сердечниками, які забезпечували зберігання 2048 слів для 16-розрядних двійкових чисел з одним розрядом контролю парності.

У машині Whirlwind - 1 була уперше використана універсальна неспеціалізована шина (взаємозв'язки між різними пристроями комп'ютера стають гнучкими) і як система вводу-виводу використовувалися два пристрої: електронно-променева трубка Вільямса і друкарська машинка, з перфострічкою (флексорайтер)



Джей Форрестер



Whirlwind-1



У 1951 році була закінчена робота по створенню
UNIVAC (Universal Automatic Computer).

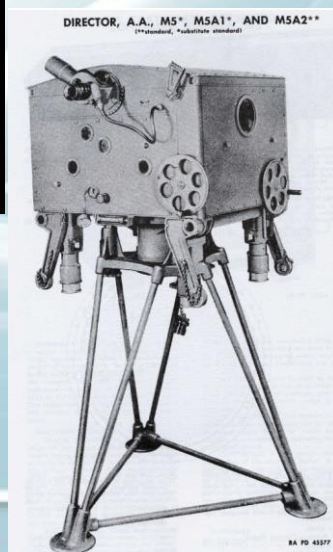
Перший зразок машини UNIVAC-1 був зібраний для бюро перепису США. Синхронна, послідовної дії обчислювальна машина UNIVAC-1 створена на базі ЕОМ ENIAC і EDVAC. Працювала вона з тактовою частотою 2,25 МГц і містила в собі біля 5000 електронних ламп. Внутрішній запам'ятовуючий пристрій мав ємність 1000 12-розрядних десяткових чисел, який було виконано на 100 ртутних лініях затримки.

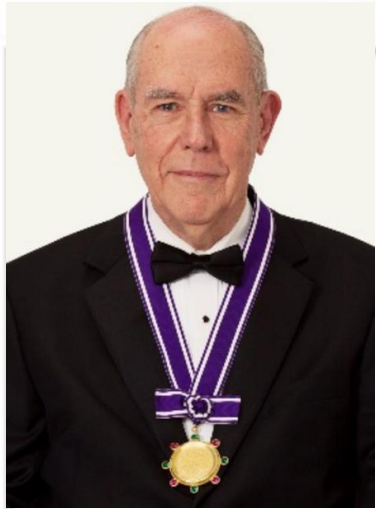
Цей комп'ютер цікавий тим, щові був націлений на порівняно масове виробництво без зміни архітектури та особлива увага була приділена периферійній частині (засобам вводу-виводу).



Перше реальне застосування комп'ютерної графіки зв'язують з ім'ям *Дж. Уїтні*. Він займався кіновиробництвом в 50-60-х роках і уперше використовував комп'ютер IBM-2250 для створення титрів до кінофільму.

Уїтні спочатку працював з аналоговими ПК (створював він їх самостійно). Найбільш відомим його проектом в цьому плані є спірографічна анімація (заставка) до фільму Альфреда Хічкока "Запаморочення", створена у 1958 році. Для розробки цієї анімації він і його брат побудували спеціальний комп'ютер, узявши за основу прилад управління зенітним вогнем - предиктор Керрисона.

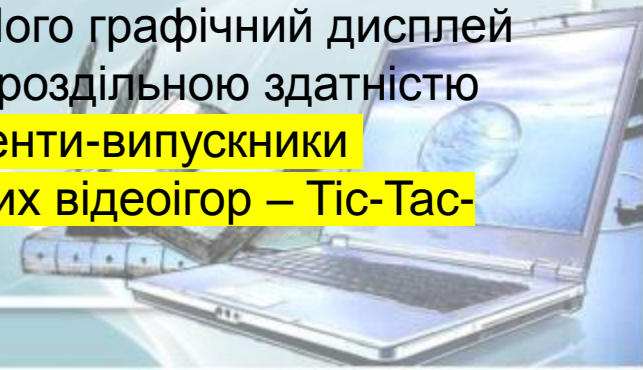




Батьком-засновником 3D графіки можна назвати **Едварда Сазерленда**

Із неповного переліку нагород А. Е. Сазерленда щонайменше у двох відзначено **Sketchpad** («Етюдник», також відомий як Robot Draftsman – «Робот-кресляр», 1961) – найбільш відома рання реалізація віртуальної реальності та одночасно – батько **CAD**-систем, створений у рамках його докторської дисертації під керівництвом К. Е. Шеннона (Claude Elwood Shannon).

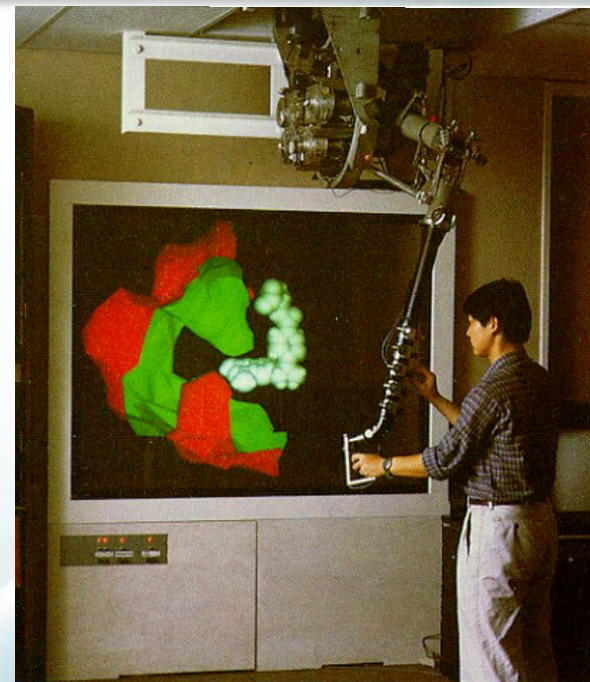
На той час для проекту військово-повітряних сил SAGE були потрібні швидкі комп'ютери з можливостями графічного введення та виведення. Світлове перо було спеціально винайдено для проекту SAGE, але комп'ютерні дисплеї залишались грубою адаптацією радарних. Основний комп'ютер проекту TX2, завершений у 1959 році, був не лише повністю транзисторним, але й мав масив пристроїв для введення та виведення в режимі реального часу: світлове перо, 16 слів (39-бітних) перемикачів, які можна було протестувати, 4 цифрові ручки управління, мікрофон та динаміки. Його графічний дисплей був дев'ятидюймовим пристроєм прямого доступу із роздільною здатністю 1024×1024 пікселів на 9 дюймів. **Не дивно, що студенти-випускники використали TX2 як платформу для створення перших відеоігор – Tic-Tac-Toe, Mouse in the Maze та Spacewar.**



SketchPad - невелика, але революційна програма в світі комп'ютерних технологій, яка дозволяла виробляти на світ перші 3D об'єкти. Програма використовувала світлове перо для зображення простих фігур на екрані. Отримані картини можна було зберігати і відновлювати. У цій програмі було розширене коло основних графічних примітивів, зокрема, окрім ліній і точок був введений прямокутник, який задавали розмірами і розташуванням.



У 1965 році А. Е. Сазерленд увів концепцію ідеального (остаточного) дисплею (ultimate display), з'єданого із комп'ютером для полегшення знайомства із поняттями, які неможливо реалізувати у фізичному світі: «Ідеальним дисплеєм буде, звичайно, кімната, всередині якої комп'ютер зможе контролювати існування матерії. Крісло, зображене в такій кімнаті, буде достатньо зручними, щоб на ньому сидіти. Наручники, зображені в такій кімнаті, будуть стримувати, а куля, зображена в такій кімнаті, буде фатальною. За відповідного програмування такий дисплей міг буквально стати Країною Чудес, до якої подорожувала Аліса».



Гаптичний дисплей GROPE-III

Опис дисплею, наведений А. Е. Сазерлендом, включає як візуальні, так і кінестетичні стимули. Останнє стимулювало Ф. П. Брукса (Frederick Phillips "Fred" Brooks Jr.) розпочати у 1967 році в Університеті Північної Кароліни проект GROPE для дослідження використання кінестетичної взаємодії як засобу, що допомагає біохімікам «відчути» взаємодію між протеїновими молекулами (див.рис.). Свій варіант дисплею Ф. П. Брукс назвав гаптичним – таким, що надає відчуття (дотик, температура, тиск тощо), опосередковані шкірою, м'язами, сухожиллями або суглобами

У тому ж 1961 р. студент **Стів Рассел** створив першу комп'ютерну відеогру Spacewar ("Зоряна війна"), а науковий співробітник

Bell Labs **Едвард Зеджек** створив анімацію "Simulation of a two - giro gravity control system".

Спочатку комп'ютерна графіка була векторною, тобто зображення формувалося з тонких ліній.

Надалі ширше застосування отримала растрова графіка, заснована на представленні

зображення на екрані у **вигляді матриці однорідних елементів (пікселів)**.



В середині 1970-х років графіка продовжує розвиватися у бік все більшої реалістичності зображень:

- Е. Кетмул в 1974 р. створює перші алгоритми текстурування криволінійних поверхонь.
- У 1975 р. з'являється метод зафарбовування Фонга (Фонг запропонував замість інтерполяції інтенсивностей зробити інтерполяцію вектора нормалі до поверхні на скануючій рядку. Цей метод вимагає більших обчислювальних витрат, оскільки формули інтерполяції застосовуються до трьох компонентів вектора нормалі, але зате дає кращу апроксимацію кривизни поверхні. Тому дзеркальні властивості поверхні відтворюються набагато краще).
- У 1977 г. Дж.Блін пропонує алгоритми реалістичного зображення шорстких поверхонь (мікрорельєфів);
- Ф. Кроу розробляє методи усунення ступінчастого ефекту при зображенні контурів (антиелайзінг).
- Дж.Брезенхем створює ефективні алгоритми побудови растрових образів відрізків, кіл і еліпсів.



В 1978 р. Кетмул пропонує метод *Z-буфера*, в якому використовується область пам'яті для зберігання інформації про "глибину" кожного пікселя екранного зображення. У цьому ж році **Сайрус** і **Бек** розвивають алгоритми відсікання ліній.

В 1979 р. Кей і Грінберг уперше реалізують зображення напівпрозорої поверхні.

У 1980 р. Т. Уіттед розробляє загальні принципи трасування променів, що включають віддзеркалення, заломлення, затінювання і методи антиелайзингу. У

1984 р. групою дослідників (**Горел**, **Торренс**, **Грінберг** та ін.) була запропонована модель випромінювання, одночасно розвиваються *методи*

прямокутного відсікання областей.

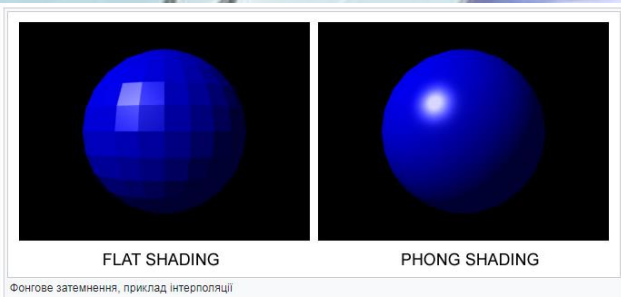


Затемнення за Фонгом і моделі відбиття Фонга були розроблені в [університеті штату Юта](#), [Буйєм Туонгом Фонгом](#), який опублікував їх у своїй кандидатській дисертації у 1973 році. Методи Фонга вважалися радикальним у момент їх введення, але з того часу стали базовим методом обчислення затемнення для багатьох додатків візуалізації. Методи Фонга стали популярними через їх ефективне використання часу для обчислення кольору пікселів.

Фонгова інтерполяція. Затемнення за Фонгом удосконалює метод [затемнення по Гуро](#) і забезпечує краще наближення затемнення гладкої поверхні. Затемнення за Фонгом забезпечує більш гладку зміну вектора нормалі до поверхні. Інтерполяційний метод Фонга працює краще, ніж затемнення Гуро, коли застосовується до моделі відображення, яка має невеликі дзеркальні [відблиски](#), такі як у [моделі відбиття Фонга](#). Найсерйозніша проблема затемнення за Гуро виникає, коли дзеркальні відблиски знаходяться в середині великого полігону. Оскільки ці дзеркальні підсвічування відсутні в [вершинах](#) багатокутника, то затемнення за Гуро є інтерполяцією кольорів вершин, і тому дзеркальний відблиск буде відсутній на зображенні полігону. Ця проблема виправлена вирішується у методі Фонга.

На відміну від затемнення Гуро, яке інтерполює кольори через полігони, в затемненні Фонга вектор нормалі до поверхні [лінійно інтерполюється](#) на багатокутник за нормаллями у вершинах багатокутника. Нормаль поверхні інтерполюється і нормалізується в кожному пікселі, а потім використовується в моделі відбиття Фонга, для отримання кінцевого кольору пікселя. Затемнення за Фонгом потребує більше обчислювальних [ресурсів](#), ніж у затемненні Гуро, оскільки модель відбиття має бути обчисленою в кожному пікселі, а не лише в вершинах.

У сучасному графічному обладнанні, варіанти цього алгоритму реалізовані з використанням піксельних або [фрагментних](#) шейдерів.



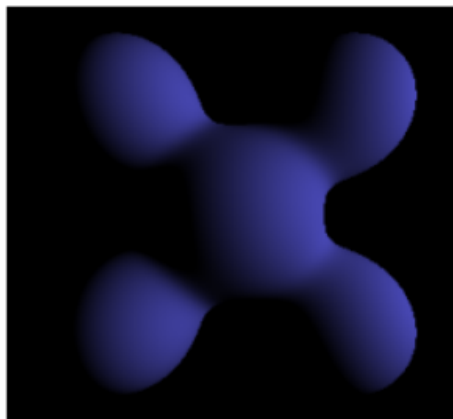
Модель відбиття Фонга

Затемнення за Фонгом можна також віднести до конкретної комбінації інтерполяції за Фонгом та моделі відбиття Фонга, яка є емпіричною моделлю локального освітлення. Це є опис того, в який спосіб поверхня відбиває світло, як поєднання дифузного відбиття світла грубої поверхні з дзеркальним відбиттям світла відполірованих поверхонь. Ця модель заснована на власному спостереженні Буйя Туонга Фонга, який зауважив, що блискучі поверхні містять невеликі зони з інтенсивними дзеркальними відблисками, у той час як матові поверхні мають великі області, в яких освітлення змінюється поступово. Також модель освітлення включає в себе амбієнтне освітлення, тобто навколишнє освітлення, яке рівномірно розсіюється по всій поверхні.



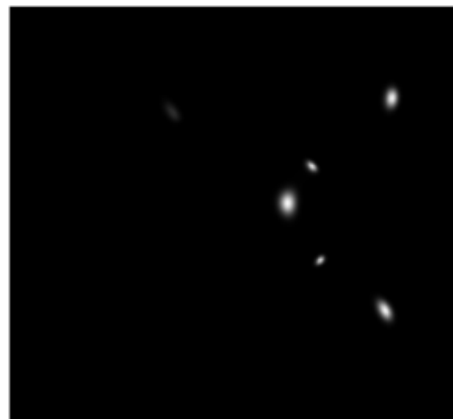
Ambient

+



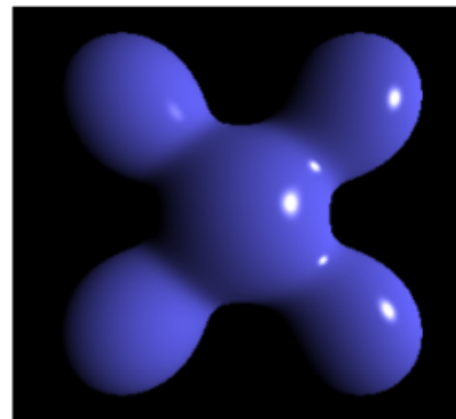
Diffuse

+



Specular

=

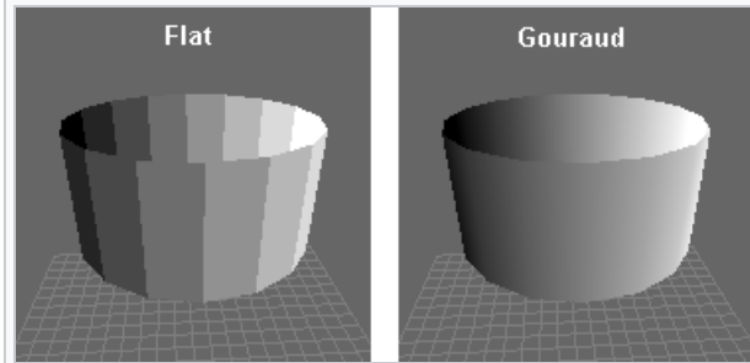



Phong Reflection

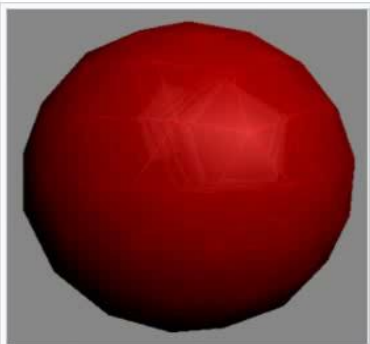
Візуальна ілюстрація до освітлення за Фонгом: є джерело білого освітлення, амбієнтна та дифузна складові сині, колір дзеркальне відбиття білий, відображає невелику частину світла, яке потрапляє на поверхню, але лише на невеликій частині поверхні. Інтенсивність дифузної компоненти залежить від розташування поверхні та напрямку освітлення, на відміну від амбієнтної, яка не залежить ні від розташування поверхні, ні від напрямку освітлення.


Затемнення за Гуро ([англ. Gouraud shading](#)), це інтерполяційний метод комп'ютерної графіки, який використовується для побудови неперервного градуйованого освітлення поверхонь, описаних у вигляді багатогранників або полігональної сітки з плоскими гранями.

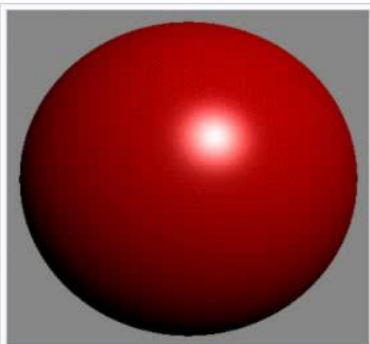
Метод Анрі Гуро був опублікований в 1971 році.




Поверхня побудована з плоским затемненням і  затемненням за Гуро.



Сфера, тонована за Гуро (мала кількість граней, виглядає не найкращим чином). 



Вона ж, але зі значно більшою кількістю граней. 

Якщо кожна плоска грань має один постійний колір, визначений з урахуванням відображення, то різні кольори сусідніх граней дуже помітні та поверхня виглядає саме як багатогранник. Здавалося б, цей дефект можна замаскувати за рахунок збільшення числа граней при апроксимації поверхні. Але зір людини має здатність підкреслювати перепади яскравості на кордонах суміжних граней — такий ефект називається ефектом смуг Маху. Тому для створення ілюзії гладкості потрібно набагато збільшити число граней, що призводить до істотного уповільнення візуалізації — чим більше граней, тим менше швидкість малювання об'єктів. Затемнення Гуро вважається кращим за плоске затінення і вимагає значно менше обробки, ніж затемнення за Фонгом, але, як правило, призводить до гранчастого вигляду.



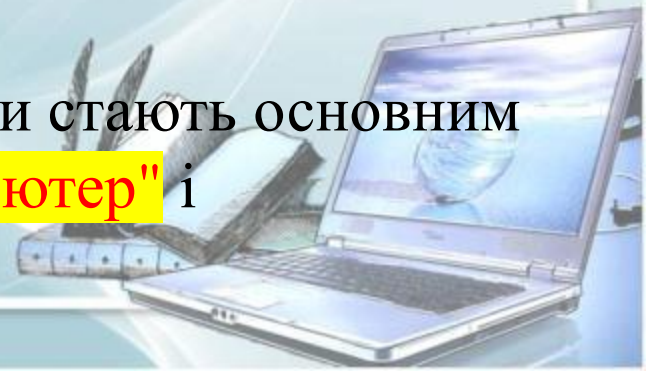
Таким чином, в процесі розвитку комп'ютерної графіки можна виділити декілька етапів.

У 1960-1970-і роки вона формувалася як **наукова дисципліна**.

В цей час розроблялися **основні методи і алгоритми** : відсікання, растрова розгортка графічних примітивів, зафарбовування візерунками, реалістичне зображення просторових сцен (видалення невидимих ліній і граней, трасування променів, випромінюючі поверхні), моделювання освітленості.

У 1980-і графіка розвивається більш як **прикладна дисципліна**. Розробляються методи її застосування в самих різних областях людської діяльності.

У 1990-і роки методи комп'ютерної графіки стають основним **засобом організації діалогу "людина-комп'ютер"** і залишаються такими по теперішній час.



Комп'ютерна графіка -

це розділ інформатики, який розробляє технології опрацювання графічних зображень за допомогою комп'ютерної техніки.



Сфери застосування комп'ютерної графіки

- Графічний інтерфейс користувача
- Спецефекти, цифрова кінематографія
- Цифрове телебачення, Інтернет, відеоконференції
- Цифрове фотографування
- Візуалізація наукових і ділових даних



Сфери застосування комп'ютерної графіки

- Комп'ютерні ігри
- Системи автоматизованого проектування
- Комп'ютерна томографія
- Комп'ютерна графіка для кіно і телебачення
- Військова техніка (системи керування і позиціонування)



Види комп'ютерної графіки

- Векторна графіка
- Растрова графіка
- 3D графіка
- Фрактальна графіка



Растрова графіка

- Зображення складається з різнокольорових точок, пікселів.
- Кількість точок по горизонталі та вертикалі характеризують розмір зображення:
640x480, 800x600, 1024x768, 1240x1024 и т.д., 2К, 4К
- Висока якість зображення.
- Файли великих розмірів.



Векторна графіка



- Зображення будується за допомогою математичних простих об'єктів – графічних примітивів (лінія, прямокутник, полігон, еліпс і т.д.).
- «Неприродність» малюнка в порівнянні з растровою графікою.



Векторна графіка

- Використовується частіше для креслення.
- Файли в 10-100 раз менші, ніж аналогічні растрові файли.



Відомі векторні редактори

- CorelDraw,
- Adobe Illustrator,
- Macromedia FreeHand,
- Word Editor.



Переваги та недоліки растрових і векторних зображень

<i>Вид графічного зображення</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>
Растрове	<ul style="list-style-type: none">• Реалістичність зображень.• Природність кольорів.• Можливість отримання зображень за допомогою спеціальних пристроїв	<ul style="list-style-type: none">• Великі за розміром файли зображень.• Пікселізація зображення при збільшенні.• Складність редагування окремих елементів зображення
Векторне	<ul style="list-style-type: none">• Невеликі за розміром файли зображень.• Збереження якості при масштабуванні.• Простота редагування окремих елементів зображення	<ul style="list-style-type: none">• Складність фотореалістичного відтворення реальних об'єктів.• Відсутність пристроїв для автоматизованого створення зображення



3D-графіка

Трьохвимірна графіка використовується для імітування фотографування або відео зйомок трьохвимірних об'єктів, які можуть бути у пам'яті комп'ютера.

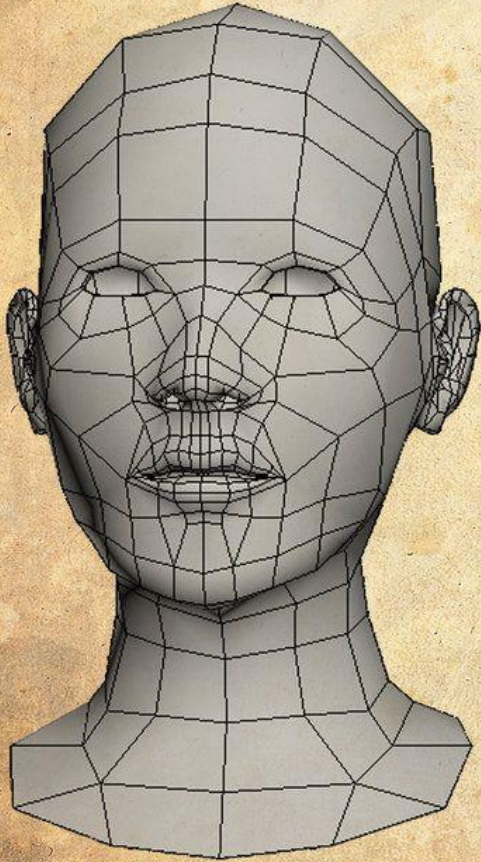


Використання 3D-графіки

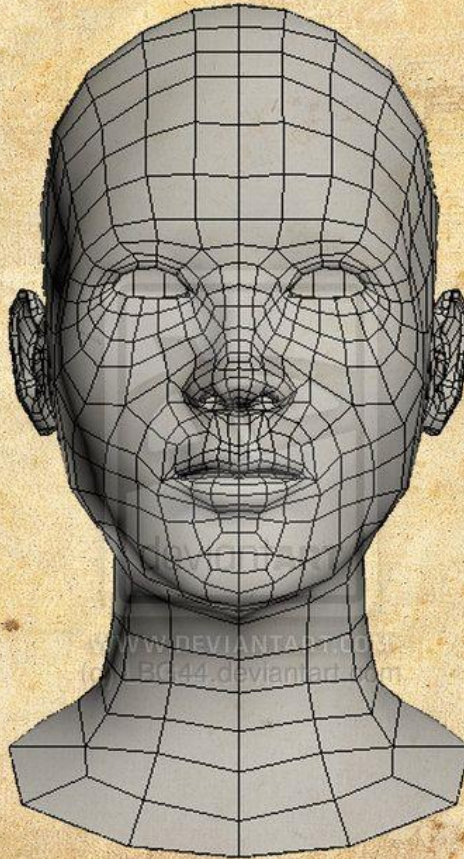
- Комп'ютерне проектування
- Комп'ютерні ігри
- Комбінована зйомка
- Комп'ютерна мультиплікація



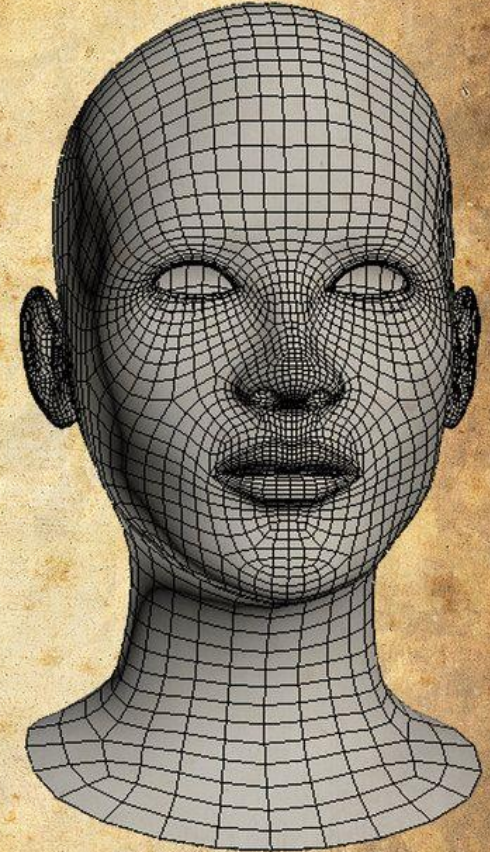
Low Poly = 578



Mid Poly = 1,102

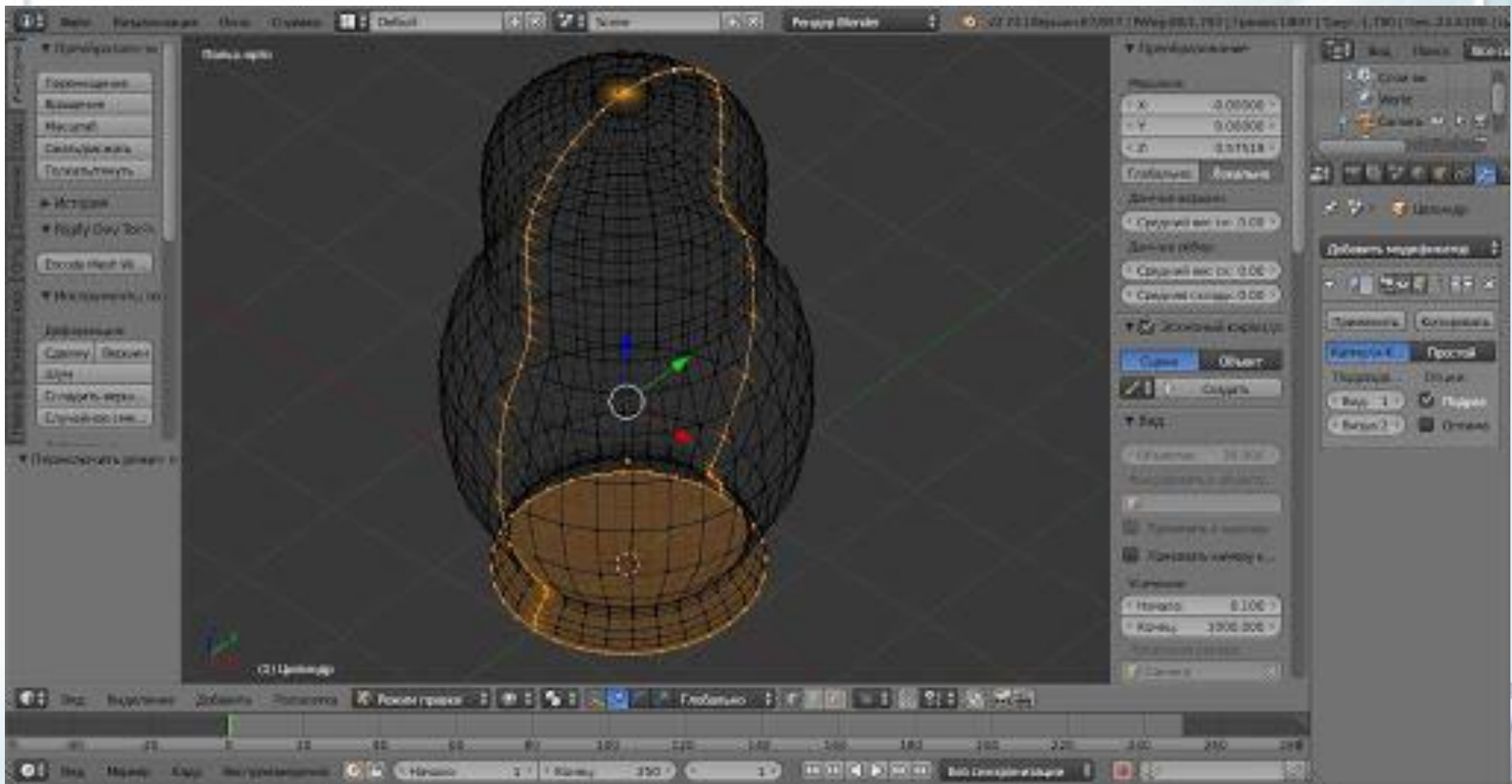


High Poly = 9,192

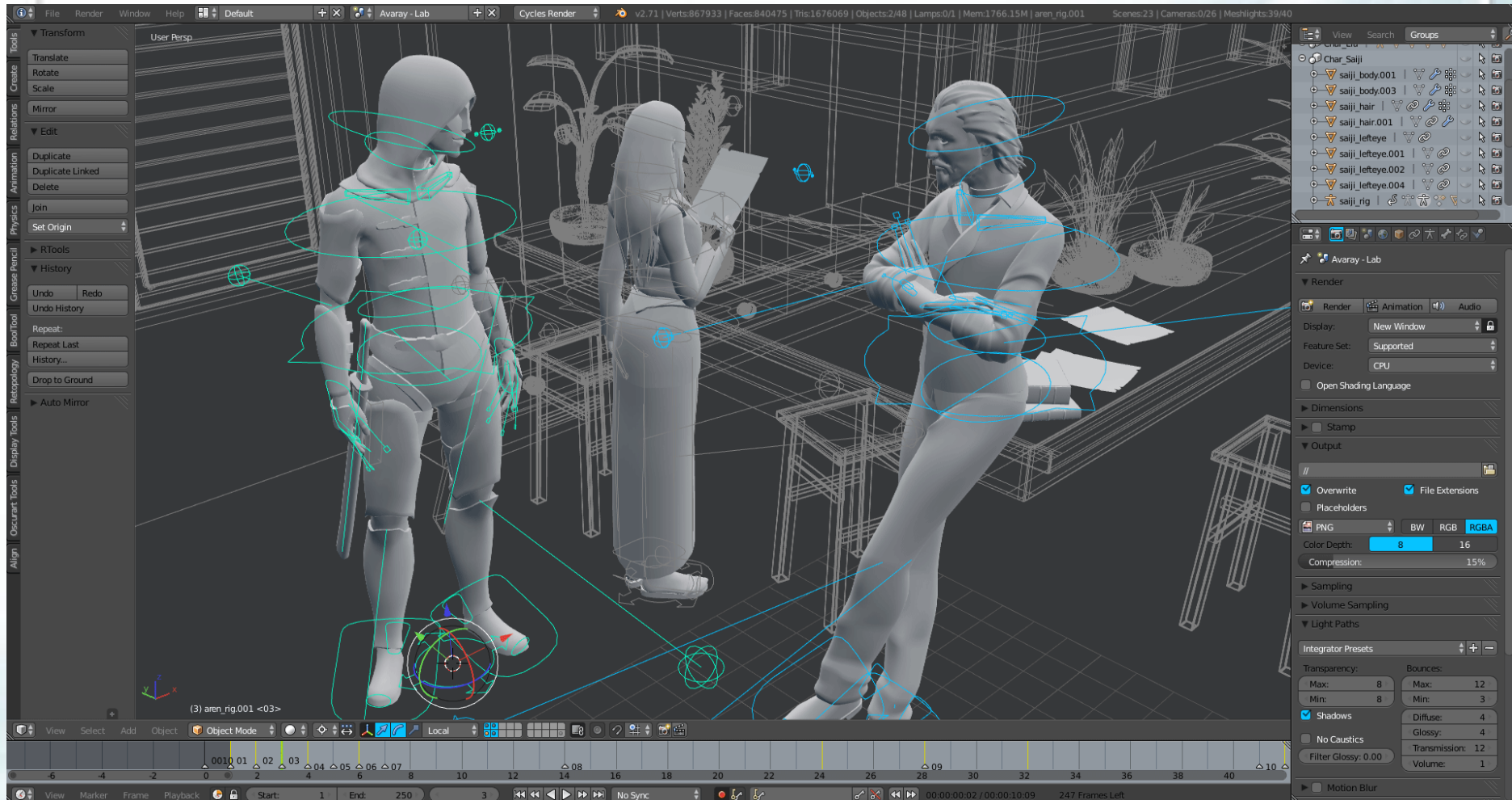


Asset Modelling Sheet :: 'Female Head Base Mesh'
Ranged Poly Bases - 3DS Max 2012

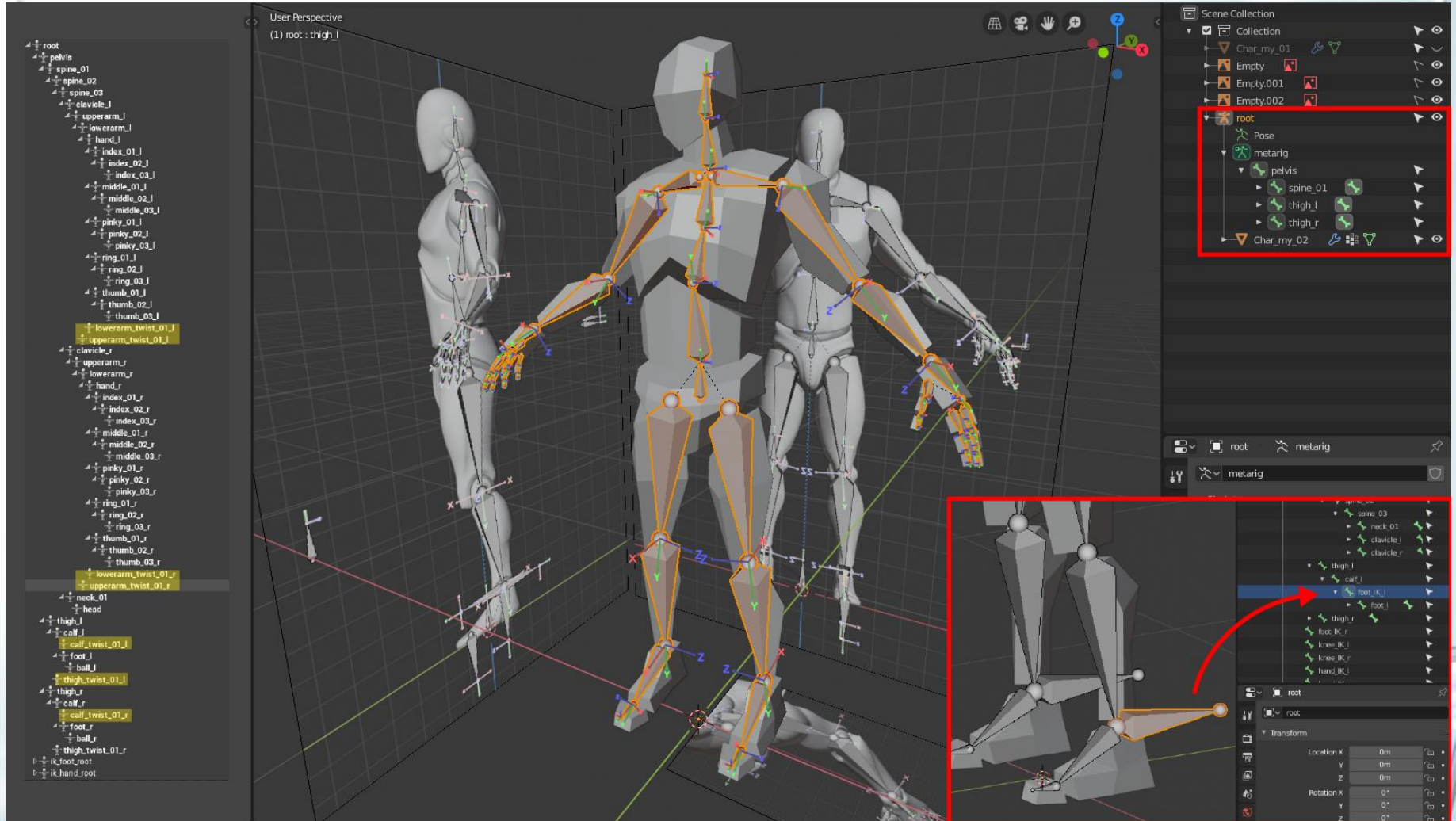
Project :: The Vault (animated short)
Artist :: Liam Golden



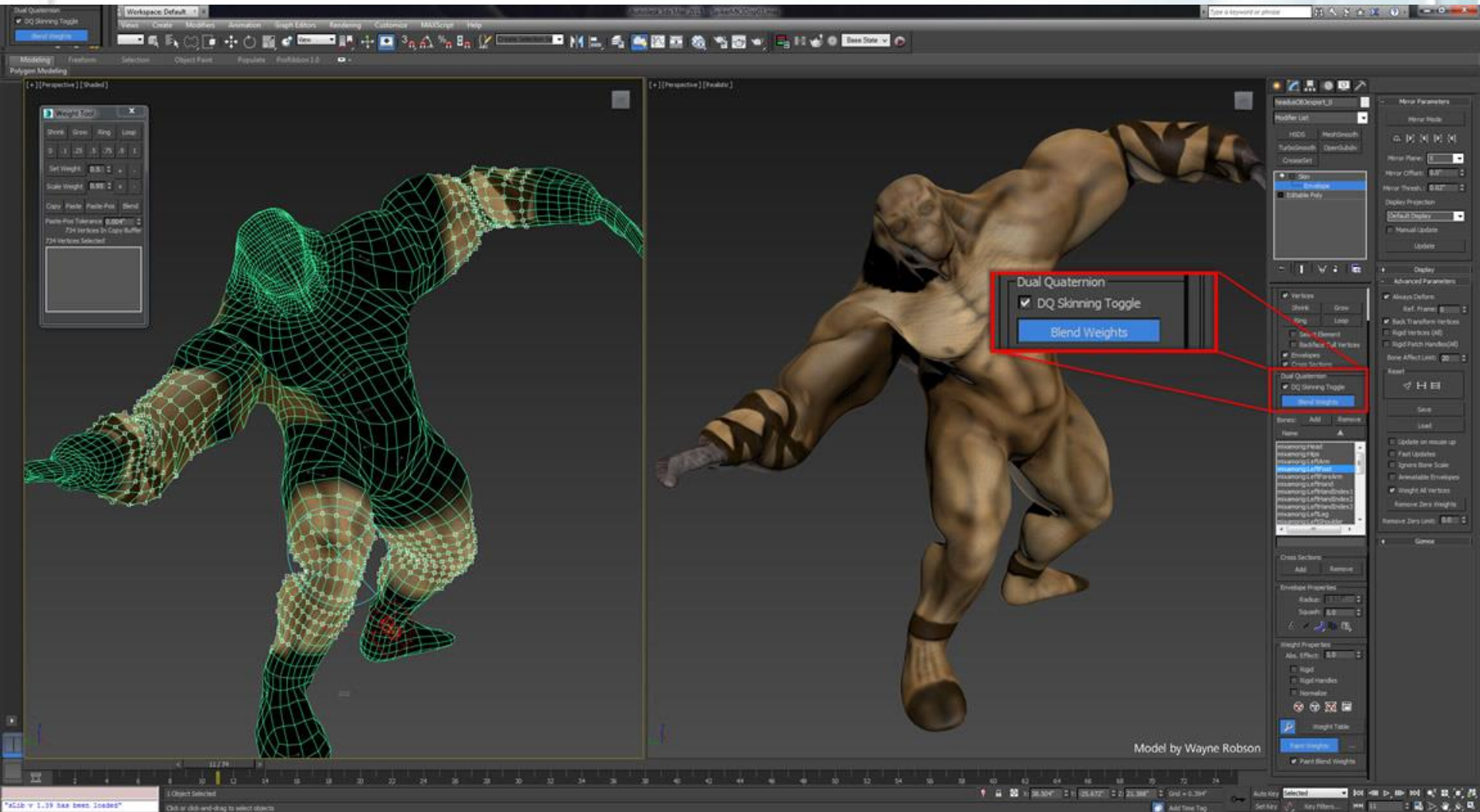
Комп'ютерна графіка та анімація

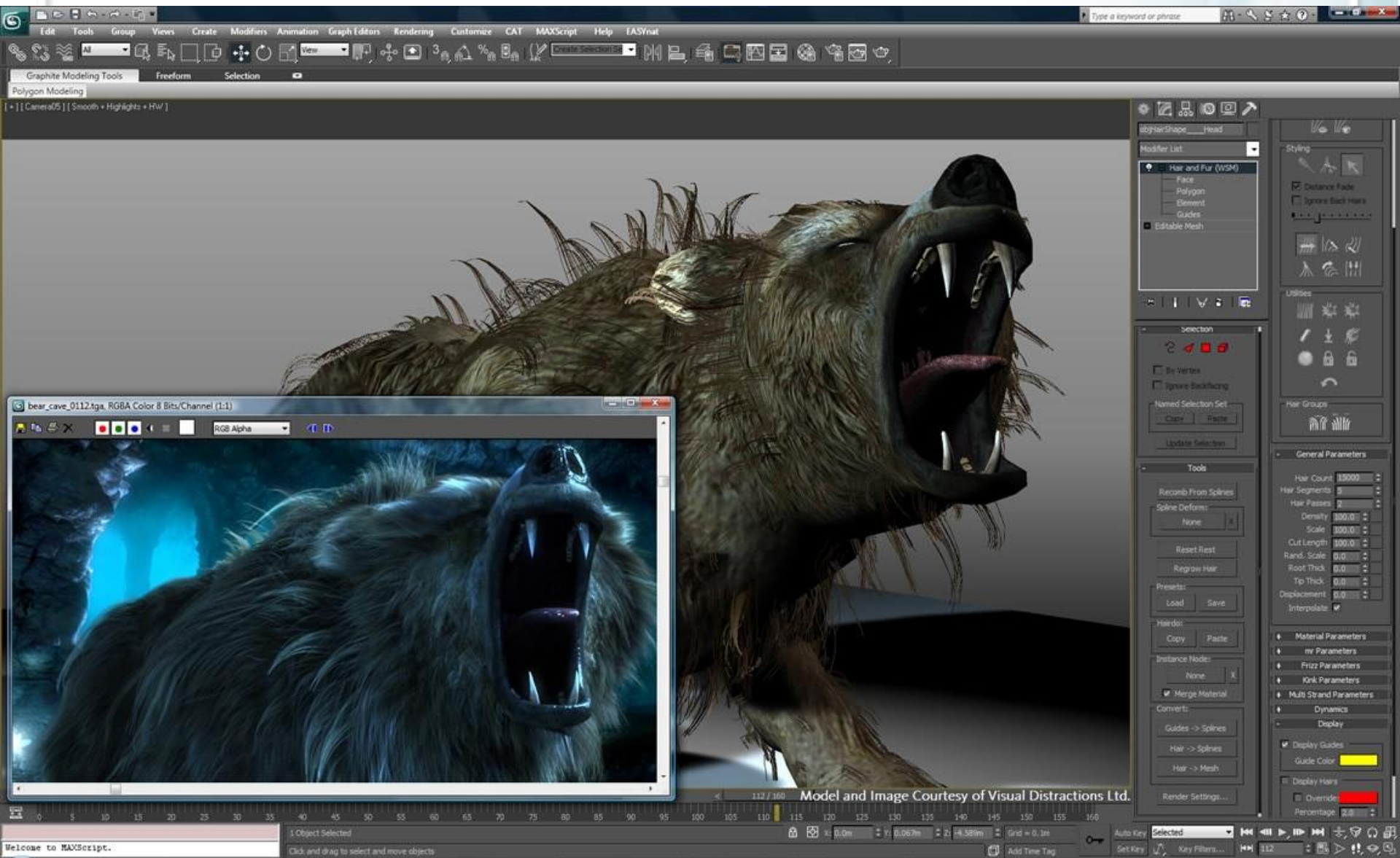


Комп'ютерна графіка та анімація



Комп'ютерна графіка та анімація





Model and Image Courtesy of Visual Distractions Ltd.

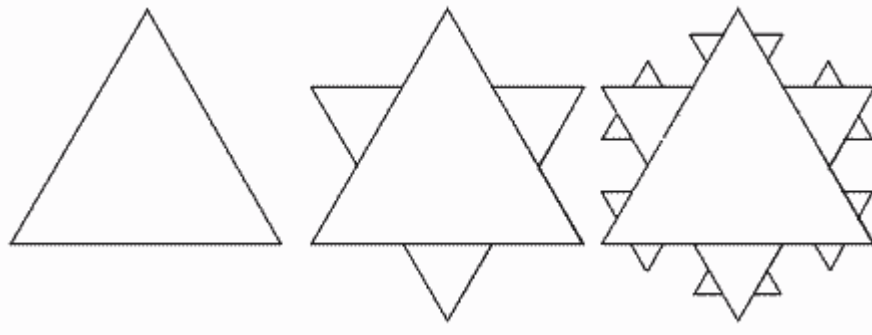
Welcome to MAXScript.

1 Object Selected
Click and drag to select and move objects



Фрактальна графіка

- **Фрактал** – це об'єкт, окремі елементи якого наслідують якості батьківських структур. Найвідомішими фрактальними об'єктами є дерева, сніжинки.



Фрактальний трикутник – Сніжинка Коха



Когнітивна графіка

Когнітивна графіка

Когнітивна графіка — сукупність прийомів і методів образного представлення умов **завдання**, яка дозволяє унаочнити розв'язок, чи отримати підказку його знаходження.

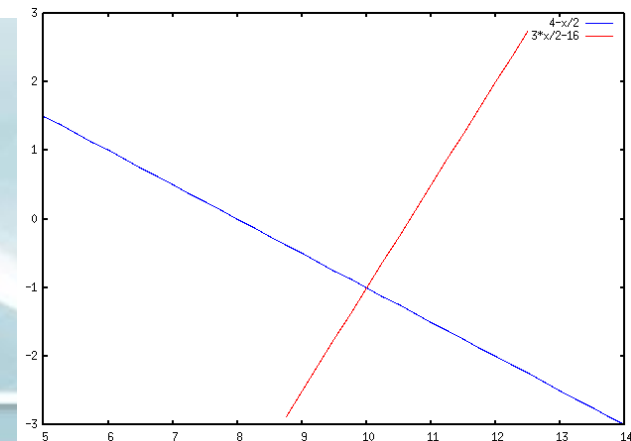
Методи когнітивної графіки застосовуються у **штучному інтелекті**, у системах, що перетворюють текстові описи завдань на образи, і при генерації текстових описів картин, що виникають у вхідних і вихідних блоках інтелектуальних систем, а також у **людино-машинних системах**, призначених для вирішення складних, погано **формалізованих, завдань**.

Д. Поспелов сформулював три основні завдання когнітивної **комп'ютерної графіки**:

1. створення таких моделей подання знань, що мали б змогу одноманітно подавали б як об'єкти, характерні для логічного мислення, так і образи-картини, якими оперує образне мислення
2. візуалізація того людського знання, для якого доки неможливо підібрати текстові описи
3. пошук шляхів переходу від спостережуваних образів-картин до формулювання деякої гіпотези про ті механізми і процеси, що приховані за динамікою картин, що спостерігаються.

Система лінійних рівнянь
$$\begin{cases} x + 2y = 8 \\ 3x - 2y = 32 \end{cases}$$

, наприклад, може бути вирішена без залучення математичного апарату. Введемо **систему координат** і побудуємо два графіки виразів, що входять в систему. Розв'язок системи – точка перетину прямих.



Призначення та класифікація засобів обробки графічних даних

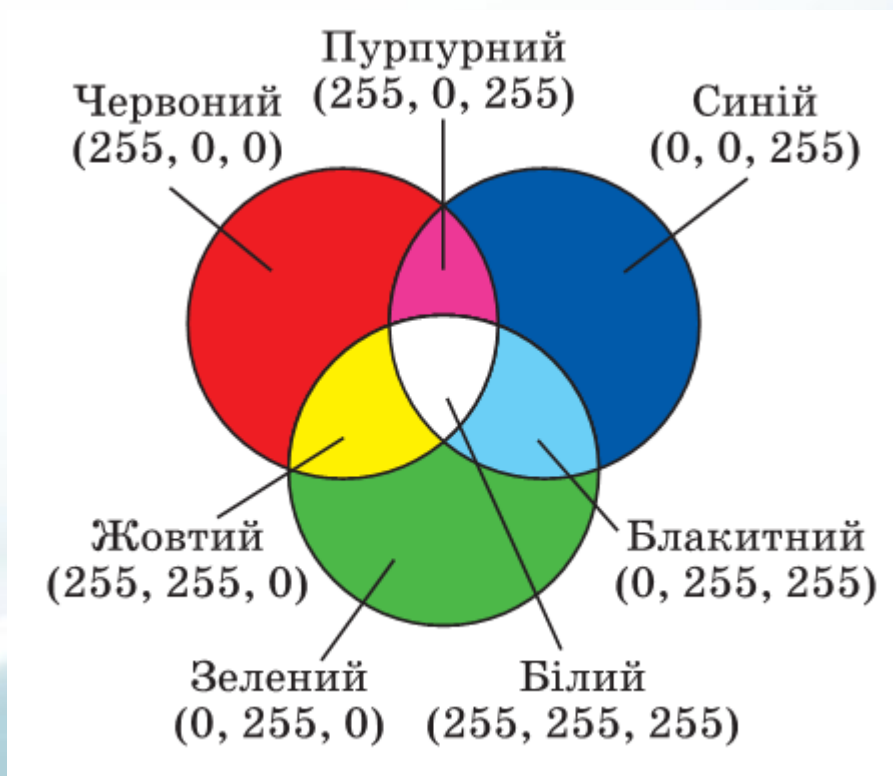
- **Графічні редактори:**
 - Редактори растрові графіки
 - Редактори векторної графіки
 - Редактори тривимірної графіки
 - Редактори фрактальної графіки
 - Редактори для створення анімацій
- **Програми для перегляду графічних зображень**
- **Пакети інженерного моделювання та проектування (САПР)**



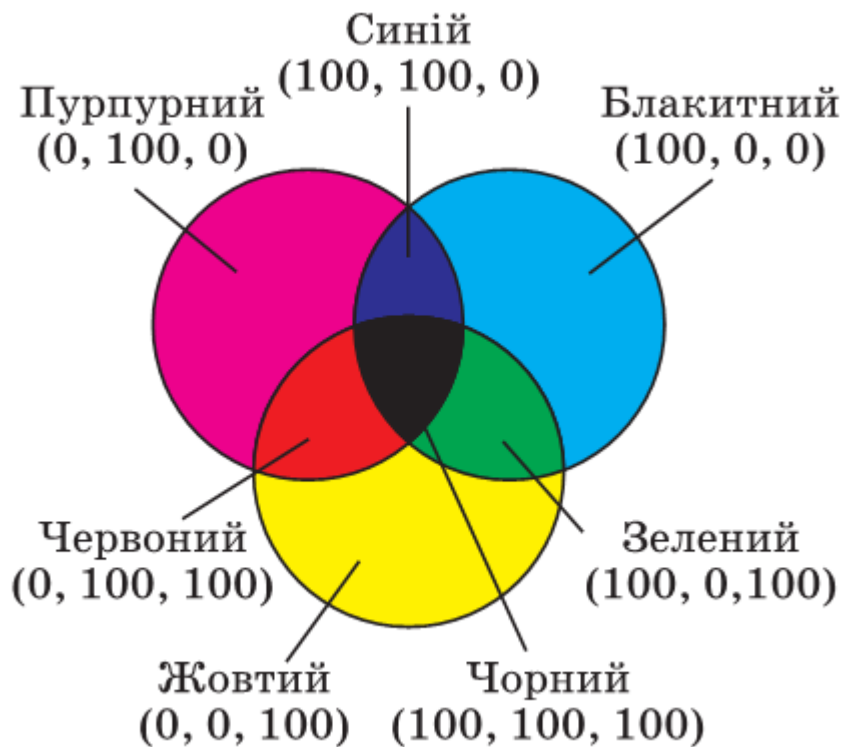
Колірна модель *RGB*

У колірній моделі *RGB* будь-який колір утворюється з трьох основних компонентів:

Червоного, Зеленого, Синього.



Колірна модель СМУК



У цій колірній моделі базовими колірними компонентами є так звані додаткові кольори :

Блакитний, пурпурний, жовтий.

Додатковими їх називають тому, що вони доповнюють основні кольори до білого:

блакитний доповнює червоний, пурпурний – зелений, жовтий доповнює синій.



Формати графічних файлів



BMP (Bitmap)

Застосовуються для збереження растрових зображень без стиснення, з кодуванням інформації про кожен піксел.



GIF
(CompuServe
Graphics
Interchange
Format)

Призначений для стиснення растрових зображень, у яких міститься багато однорідних заливок. Обмеження полягає в тому, що кольорове зображення може бути записане тільки в режимі 256 кольорів.



JPEG (Join
Photographic
Experts Group)

Краще застосовувати для зберігання растрових зображень фотографічної якості, дозволяє гнучко варіювати між рівнем стиснення та якістю зображення



PNG (Portable
Network
Graphics)

Використовується для зображень, які розміщуються в Інтернеті, забезпечує однаковий вигляд зображення незалежно від використаного браузера та монітора



TIFF (Tagged
Image File
Format)

Один із найпоширеніших і найнадійніших растрових форматів, найкращий вибір для сканованих малюнків, а також для імпортування растрової графіки у векторні редактори

