

М. Кононов

**Комп'ютерна обробка
медичних зображень**

13. Стиснення інформації



Загальні відомості про стиснення даних



Загальні відомості про стиснення даних

- Термін стиснення даних (безвтратне) передбачає зменшення об'єму даних для передачі того ж об'єму інформації
- Є типи інформації, які допускають часткове зменшення кількості інформації після відновлення - втратність, як плата за високу ефективність стиснення даних
- Коефіцієнт стиснення визначається співвідношенням первинного та стисненого блоків даних

$$C_R = \frac{n_1}{n_2}$$

- Надлишковість даних

$$R_D = 1 - \frac{1}{C_R}$$



Загальні відомості про стиснення даних

Для стиснення інформації використовуються методи двох груп:

- **Безвтратні методи** (використовуються для довільного потоку бінарних даних, в тому числі і до графічного)
- **Втратні методи**, (використовуються для потоку бінарних даних, що мають інформацію, якою можна знехтувати) **Такі методи можуть бути оптимізовані виходячи з особливостей типу даних (наприклад, акустичний сигнал, зображення)**



Загальні відомості про стиснення даних

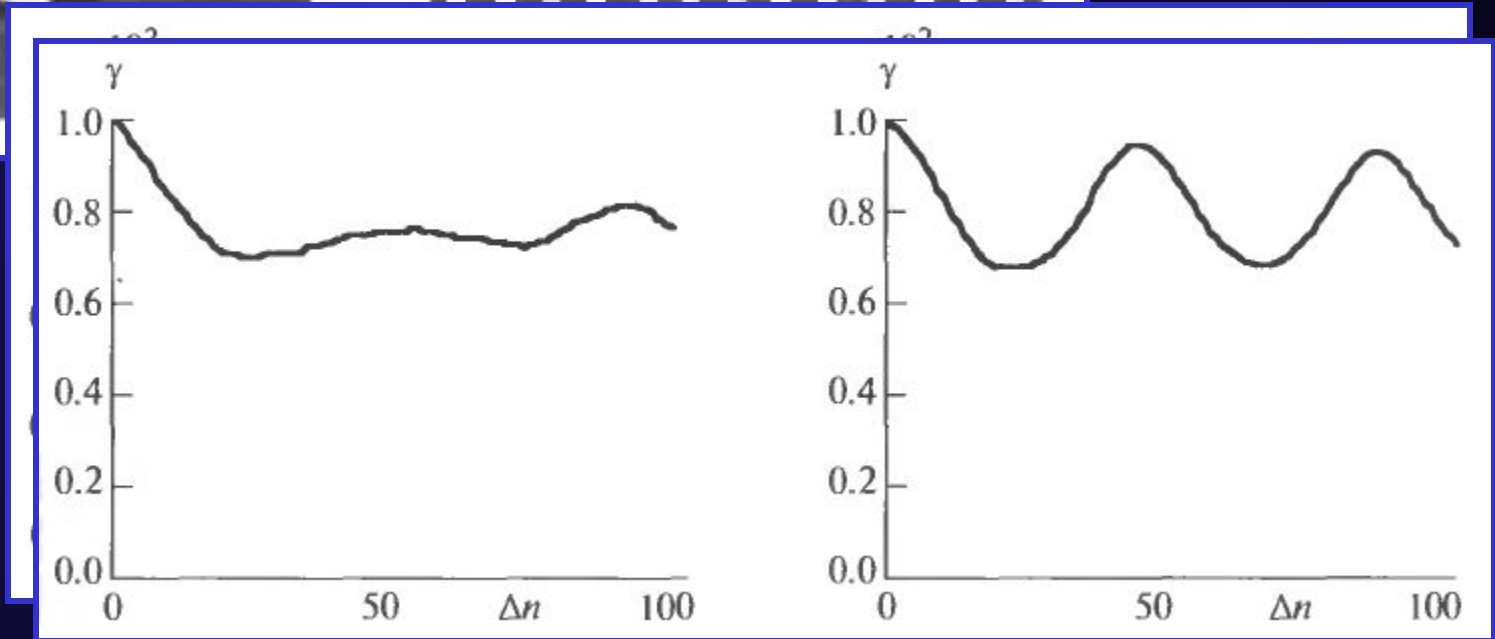
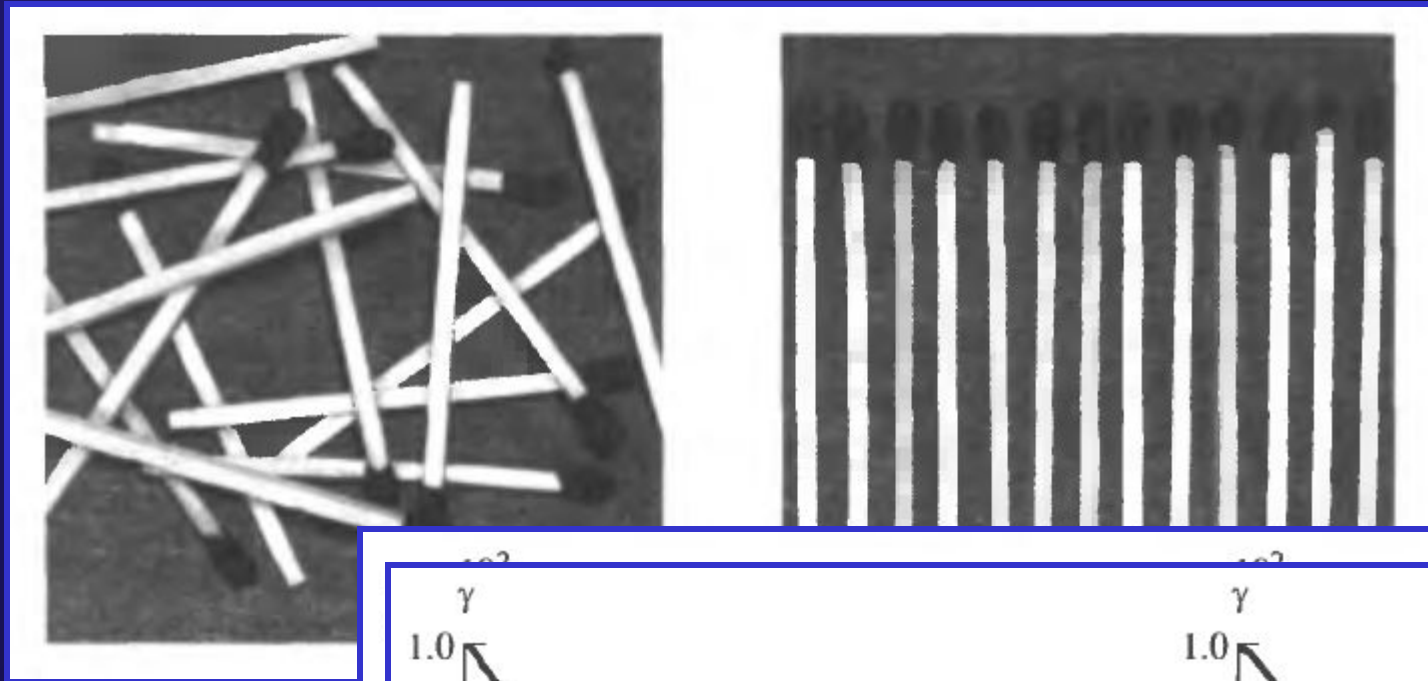


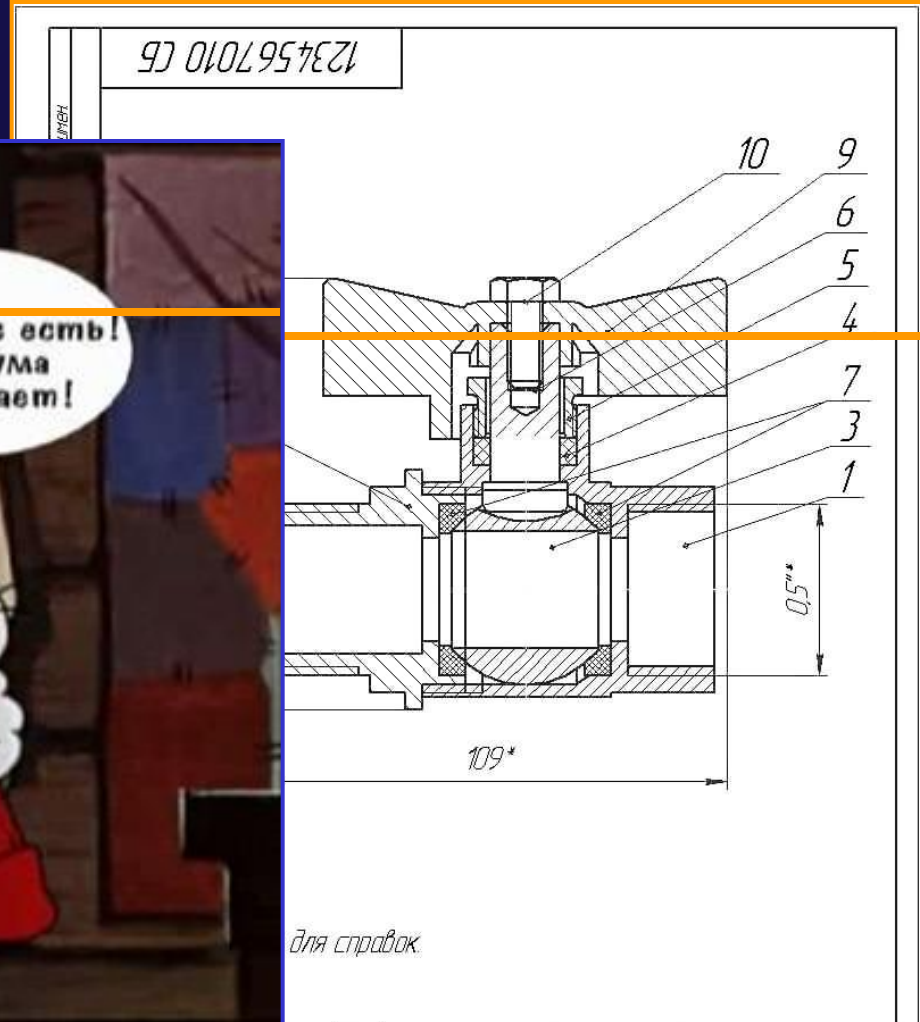
Рис. 8.2. Два изображения, гистограммы значений их яркости и нормализованные коэффициенты автокорреляции вдоль одной из строк.

Безвтратне стиснення



Безвтрратне стиснення

Групове стиснення



					1234567010 СБ			
Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кран шаровый Сборочный чертёж	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.							2:1
	Проб.					Лист	Листов	
	Т.контр.							
	Н.контр.							
Утв.					Копировал	Формат	A4	



Групове стиснення

PackBits для Apple Macintosh.

Перший байт -127 – -1 це кількість повторень, другий байт – значення.

Величини, що не повторюються кодуються таким чином: починаються з байту 0 – 127 – довжина коду, і далі послідовність байтів.

Стискання не переходить з одного рядка в інший

Безвтратне стиснення

Групове стиснення

RLE - зображення складається з груп трьох видів- повторююча, літеральна, спеціальна.

□ Повторююча - першій байт кількість пікселів, другий значення.

□ Літеральна - перший 00, далі кількість пікселів у групі, дані літерала. Доповнюється нулями до парного (не менше трьох пікселів).

□ Спеціальна - 00 00 -кінець рядка, 00 01 - кінець тіла зображення, 00 02 xx yy зміщення позиції.



Метод Хафмана

Є представником так званих статистичних алгоритмів

Кожному вхідному символу привласнюється визначений код, не вирівняний на довжину байту.

При цьому найбільше часто використовуваному символу привласнюється найбільш короткий код, а найбільш рідкому - більш довгий. Таблиці кодування створюються заздалегідь і мають обмежений розмір. Цей алгоритм забезпечує найбільшу швидкодію і найменші затримки.

Безвратне стиснення

Метод Хаффмана

Исходный источник		Редуцированный источник			
Символ	Вероятность	1	2	3	4
a_2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6
a_6	0.3	0.3	0.3	0.3	
a_1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
a_4	0.1	0.1			
a_3	0.06	0.1	0.1	0.1	0.1
a_5	0.04				

Исходный источник			Редуцированный источник			
Символ	Вероят-ть	Код	1	2	3	4
a_2	0.4	1	0.4	0.4	0.4	0.6
a_6	0.3	00	0.3	0.3	0.3	0.4
a_1	0.1	011	0.1	0.2	0.3	0.3
a_4	0.1	0100	0.1	0.1	0.1	0.1
a_3	0.06	01010	0.1	0.1	0.1	0.1
a_5	0.04	01011	0.1	0.1	0.1	0.1

Рис. 8.12. Процедура построения кода Хаффмана.

$$L_{\text{ср}} = 0,4 \cdot 1 + 0,3 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,06 \cdot 5 + 0,04 \cdot 5 = 2,2 \text{ бита/символ.}$$



Безвратне стиснення

Арифметичне кодування

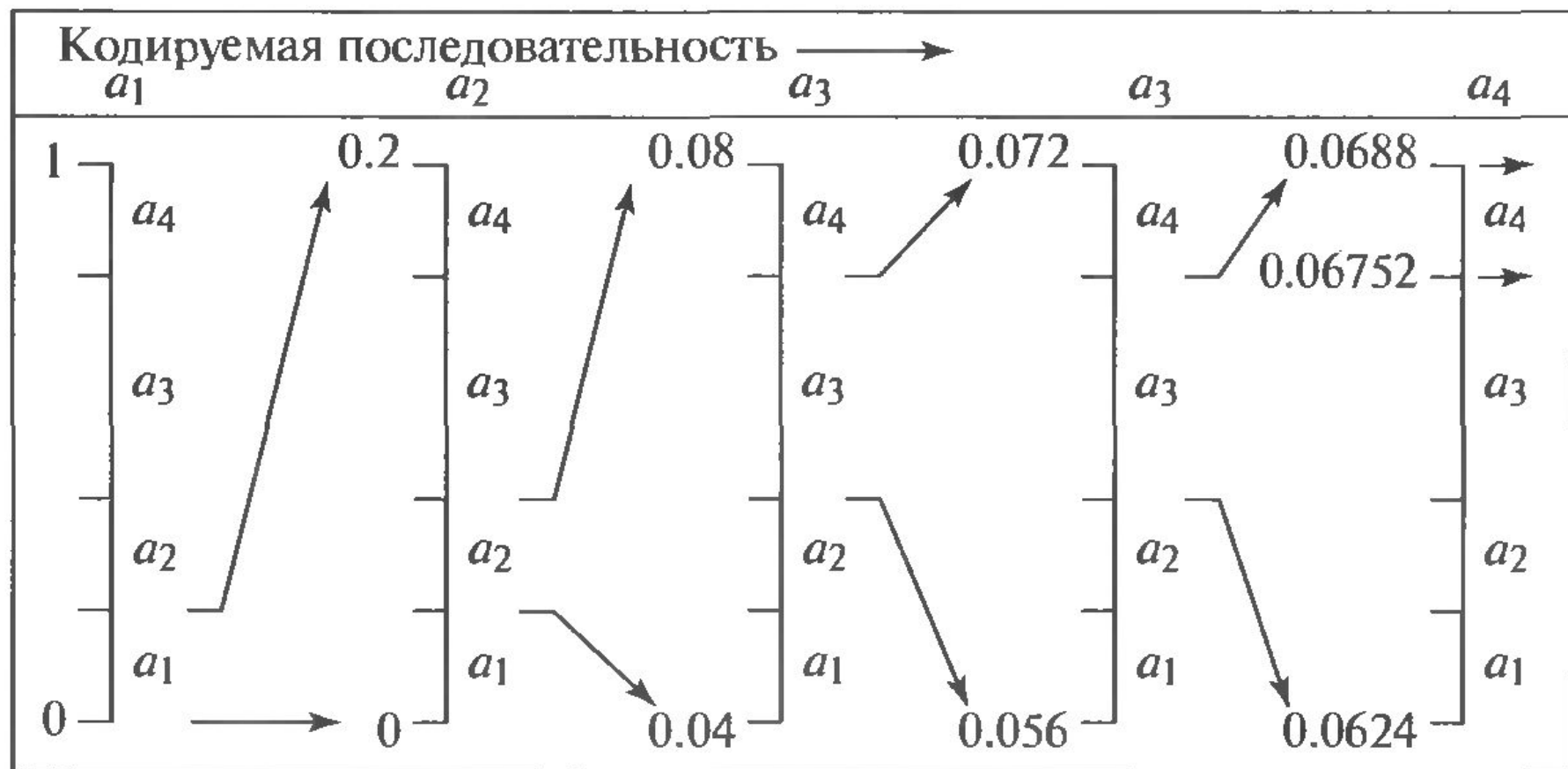


Рис. 8.13. Процедура арифметического кодирования.



LZW (Lempel-Ziv-Welch)

Даний метод припускає заміну потоку символів кодами, записаними в пам'яті як словник (таблиця перекодування). Співвідношення між символами і кодами міняється разом зі зміною даних.

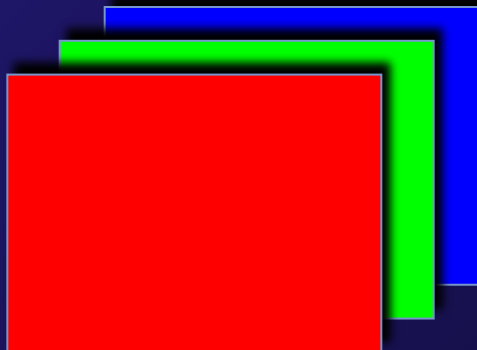
Таблиці кодування періодично міняються, що робить метод більш гнучким. Розмір невеликих словників лежить у межах 2-32 кілобайт, але більш високих коефіцієнтів стиснення можна досягти при помітно великих словниках - до 400 кілобайт.

Втратне стиснення

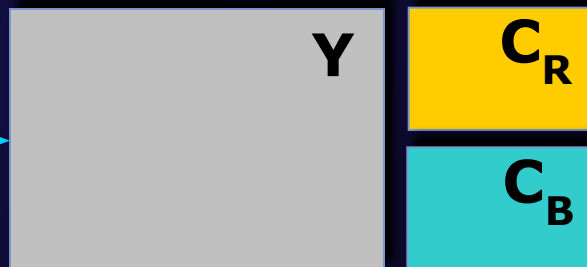


Втратне стиснення

Алгоритм JPEG



$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$
$$Cb = 0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B$$
$$Cr = 0.5 R - 0.4187 G + 0.0813 B$$



Втратне стиснення

Алгоритм JPEG

При втратному алгоритмі стиснення JPEG для «сірих» зображень

- поле зображення розбивається на квадратні блоки розміром 8x8 точок, для кожного з яких виконується дискретне косинусне перетворення (варіант переходу до площини просторових частот)
- Далі виконується перенормування амплітуд, отриманих на першому етапі просторових частот так, що більш ємні за інформацією компоненти (з меншими індексами) залишаються практично без втрат округлення, а високі гармоніки округлюються зі значним зменшенням кількості значущих цифр. Саме цей етап і є фактично єдиним втратним при препаруванні зображення



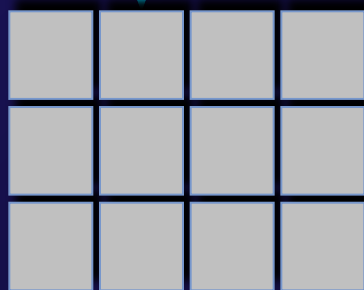
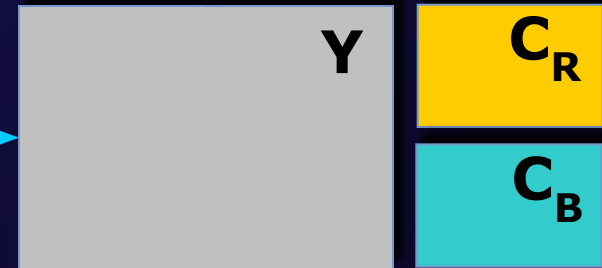
Втратне стиснення

Алгоритм JPEG

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$Cb = 0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B$$

$$Cr = 0.5 R - 0.4187 G + 0.0813 B$$



Для кожного блоку

DCT



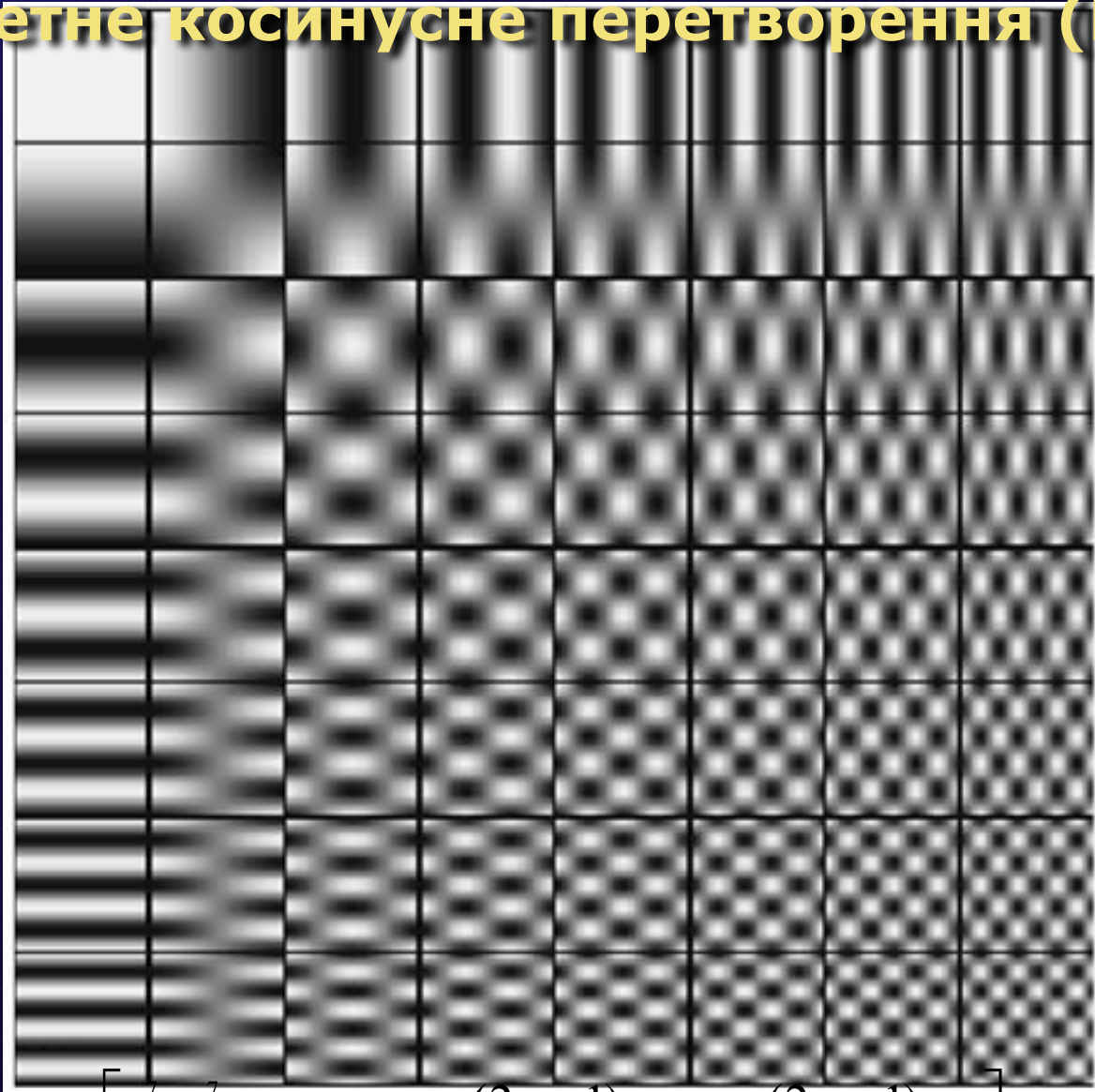
$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$
$$C(z) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & z=0 \\ 1, & z \neq 0 \end{cases}$$



Втратне стиснення зображень

Алгоритм JPEG

Дискретне косинусне перетворення (DCT)



$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right] C(u) = \begin{cases} 1, & u=0 \\ \sqrt{2}, & u \neq 0 \end{cases}$$



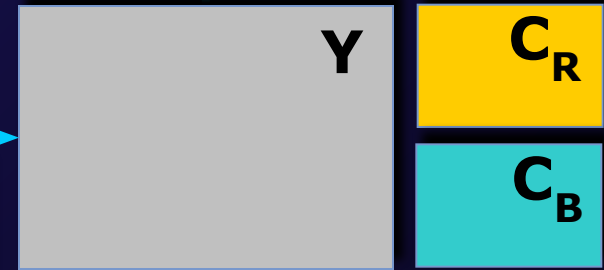
Втратне стиснення

Алгоритм JPEG

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$Cb = 0.1687 R - 0.3313 G + 0.5 B$$

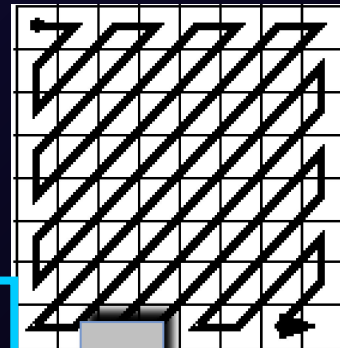
$$Cr = 0.5 R - 0.4187 G + 0.0813 B$$



Для кожного блоку

DCT

Квантування



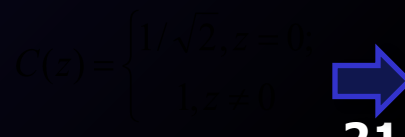
DPCM

RLE

010011001

Хафман

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \left[\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$



Втратне стиснення

Алгоритм JPEG

- **Перенормовані дані в блоку перепозиціануються таким чином, щоб сусідами в результуючому потоку були амплітуди, для яких сума індексів просторових частот мало відрізнялась**
- **Призначення перерахованих етапів фактично є високоефективною підготовкою даних за рахунок зміни їх розподілу за значеннями, тобто для дії безвтратних ентропійних алгоритмів, розглянутих раніше. Частіше за все використовується метод Хафмана або арифметичне стискання**



Втратне стиснення

Wavelet

- Серед інших найвідоміших методів, можна назвати **Wavelet**. Цей метод розглядається як один із перспективних, перевищує JPEG за співвідношенням стиснення/якість, хоча значно програє за часом кодування, що дещо заважає його розповсюдженню на сучасному етапі.
- На відміну від розглянутого косинусного базису, цей метод використовує **базис аперіодичних хвилькових функцій, які мають просторову обмеженість**. Саме це більш повно враховує просторові особливості зображень і забезпечує більшу ефективність.



М. Кононов

**Комп'ютерна обробка
медичних зображень**

14. Синтез зображень



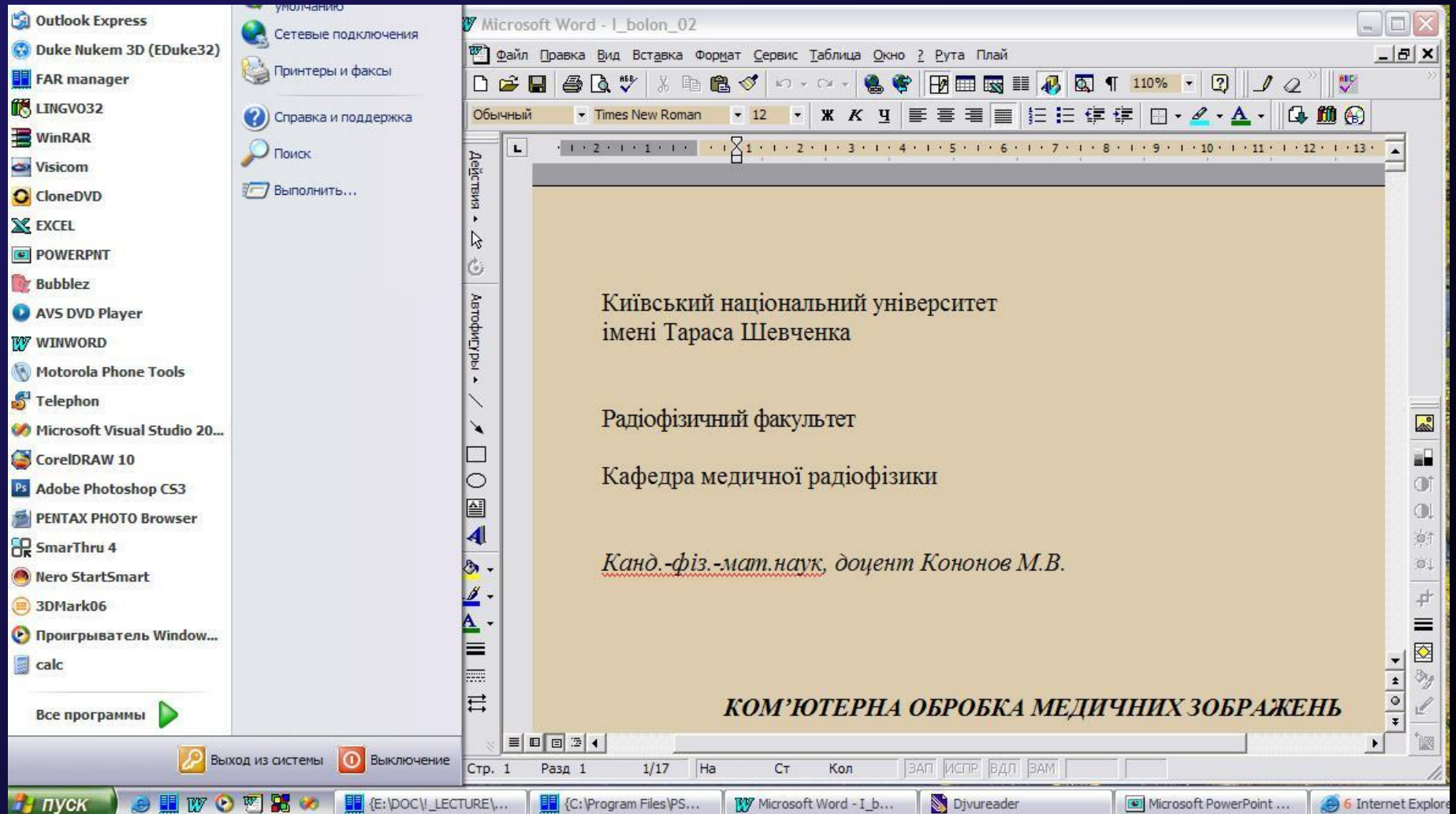
Потреби використання комп'ютерного синтезу зображень



Використання комп'ютерного синтезу зображень

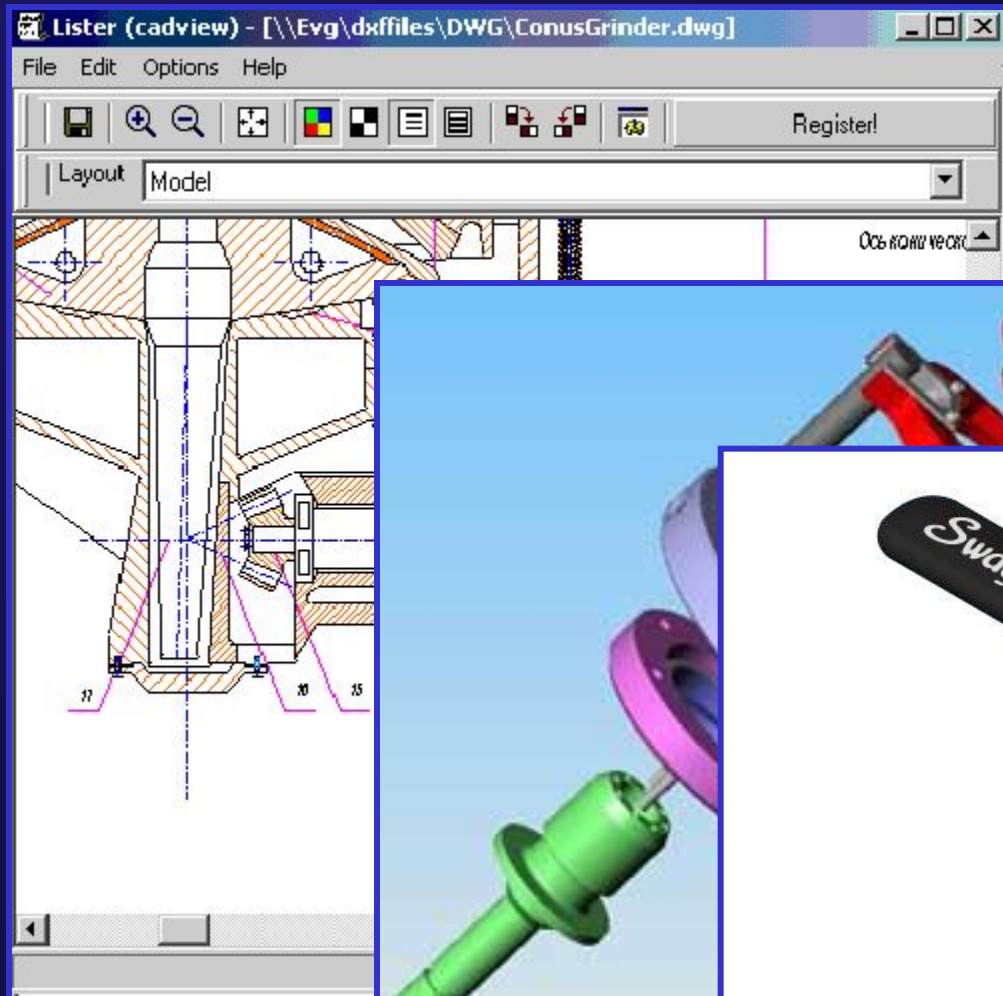
Реалізація GUI

2D

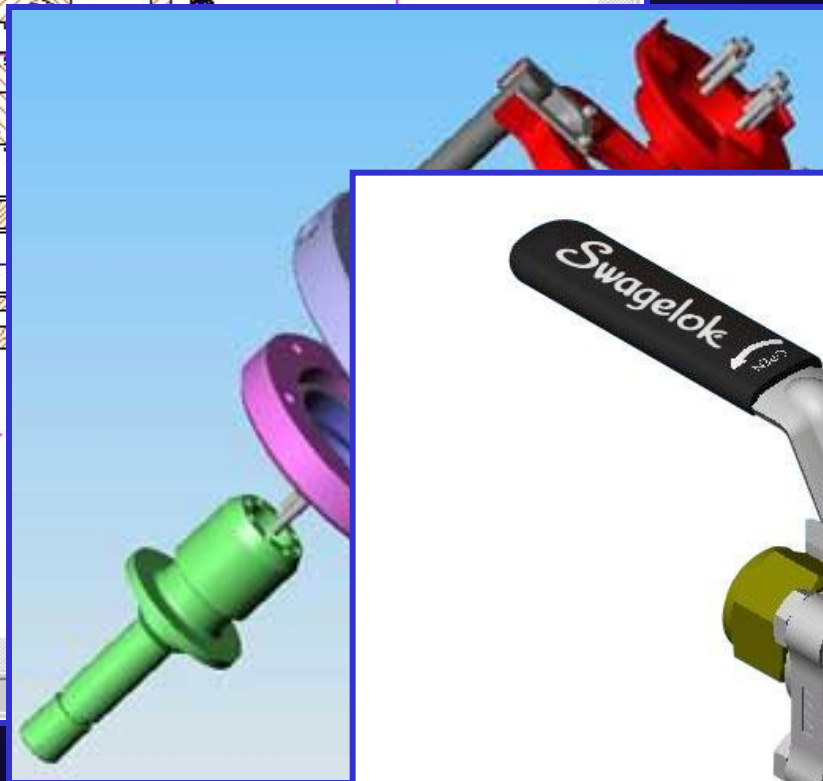


Використання комп'ютерного синтезу зображень

CAD



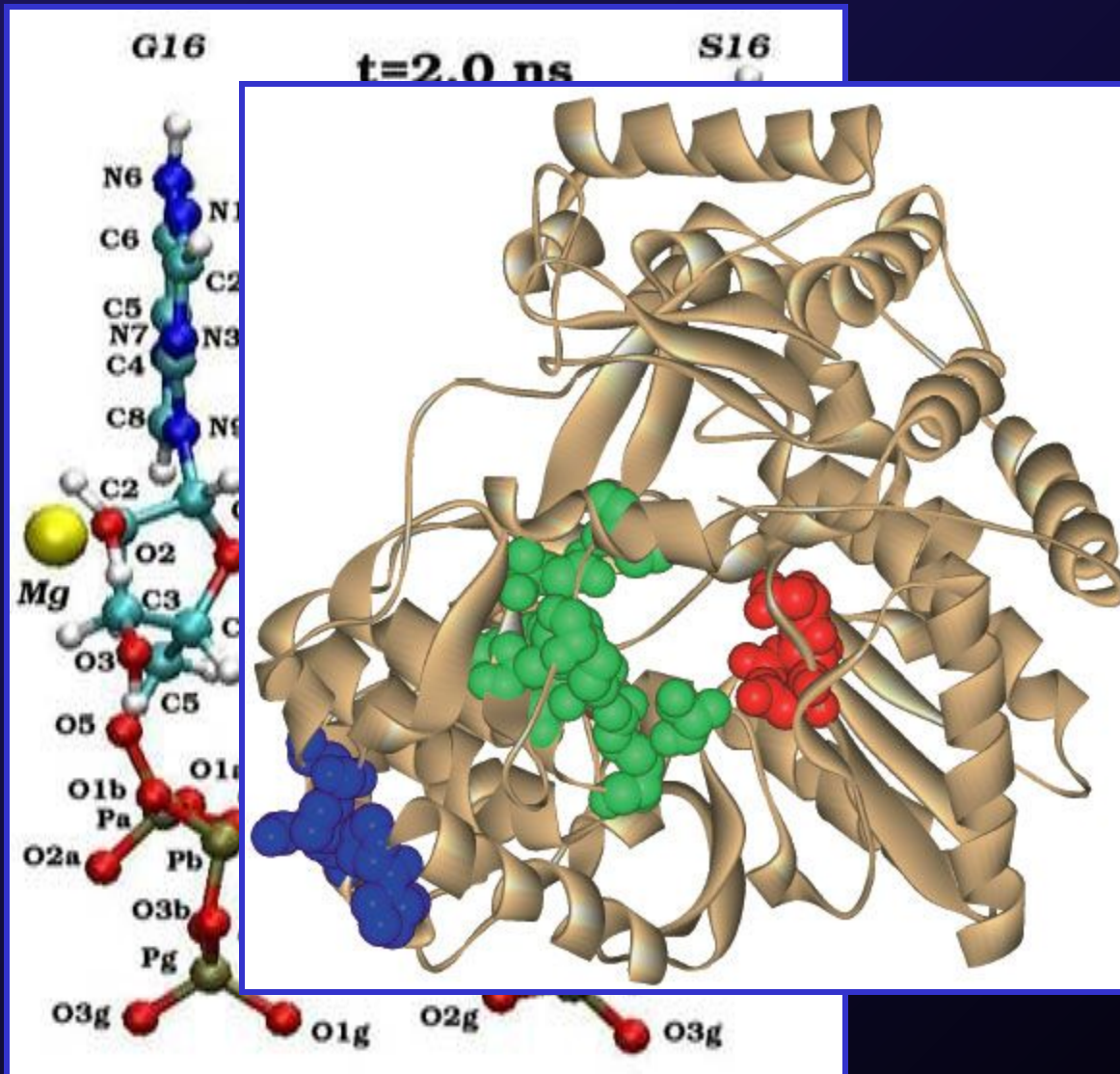
2D - 3D



Використання комп'ютерного синтезу зображень

Відтворення результатів моделювання

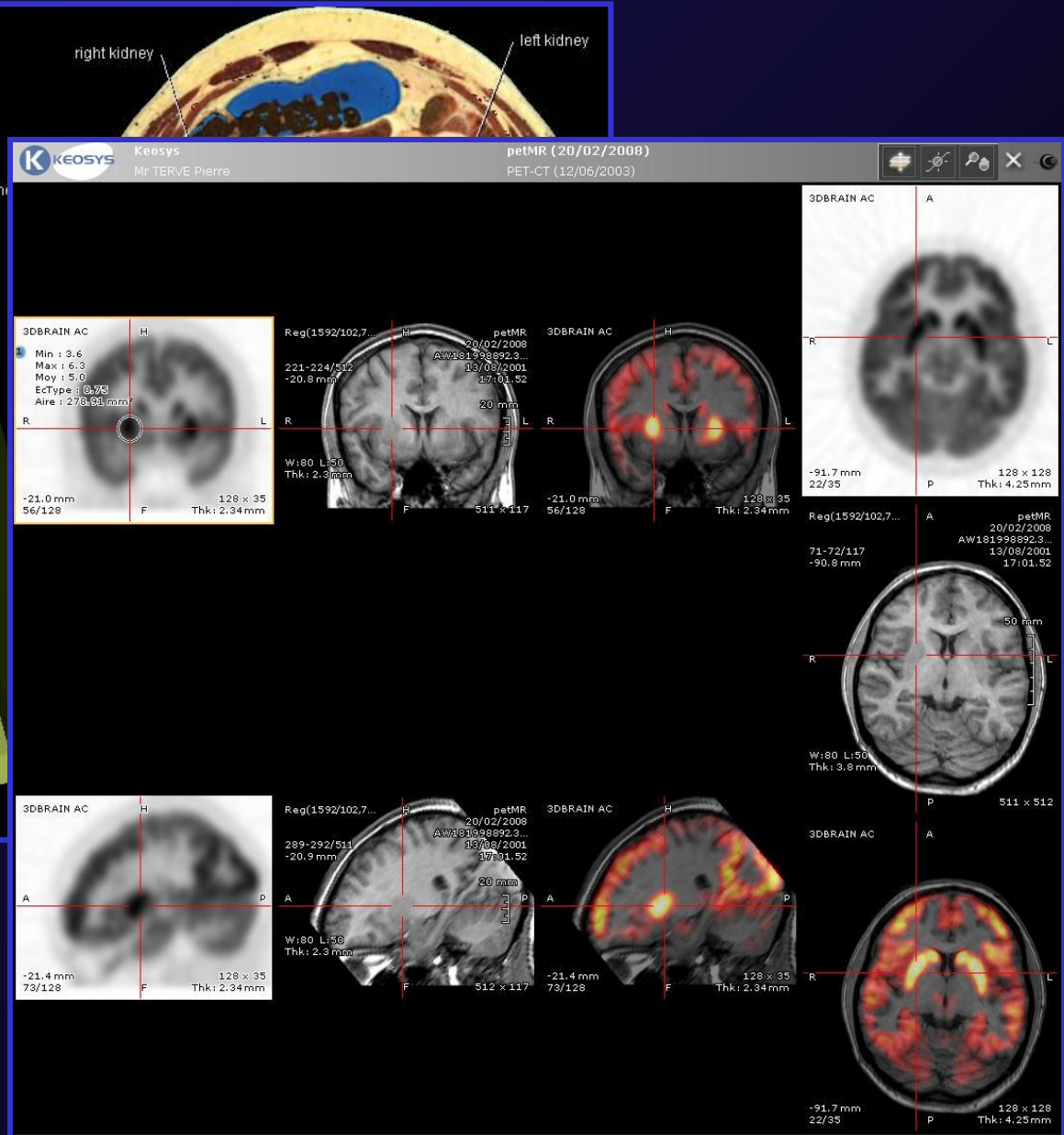
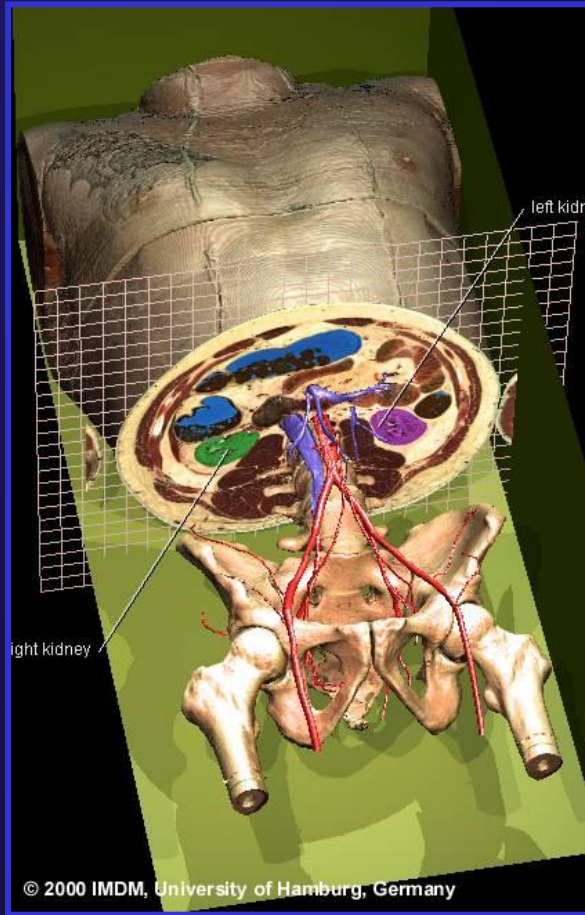
3D



Використання комп'ютерного синтезу зображень

Візуалізація досліджень

2D та 3D



Використання комп'ютерного синтезу зображень

Сфера розваг (кіно)



Динамічна 3D



Використання комп'ютерного синтезу зображень

Сфера розваг (ігри)



Швидка Динамічна 3D



Використання комп'ютерного синтезу зображень Навчання та тренування з використанням віртуальної реальності

Швидка Динамічна 3D



Реалізація 2D-графіки



Геометричні примитиви

- точка
- лінії
 - відрізок прямої
 - прямокутник
 - багатокутник
 - еліпс (дуга)
- фігури (з заповненням)
 - прямокутник
 - багатокутник
 - еліпс (дуга)
- растрова область
 - літера
 - бітмеп



Реалізація 2D-графіки

Атрибути геометричних примитивів

- координати $(x_0, y_0); (x_1, y_1)$
- колір лінії
- стиль лінії
- товщина лінії
- спосіб заповнення області



3D-конвеєр



3D-конвеєр

 (Визначення !)

Процес переносу тривимірної сцени на площину має назву 3D конвеєра.

 Важливо !

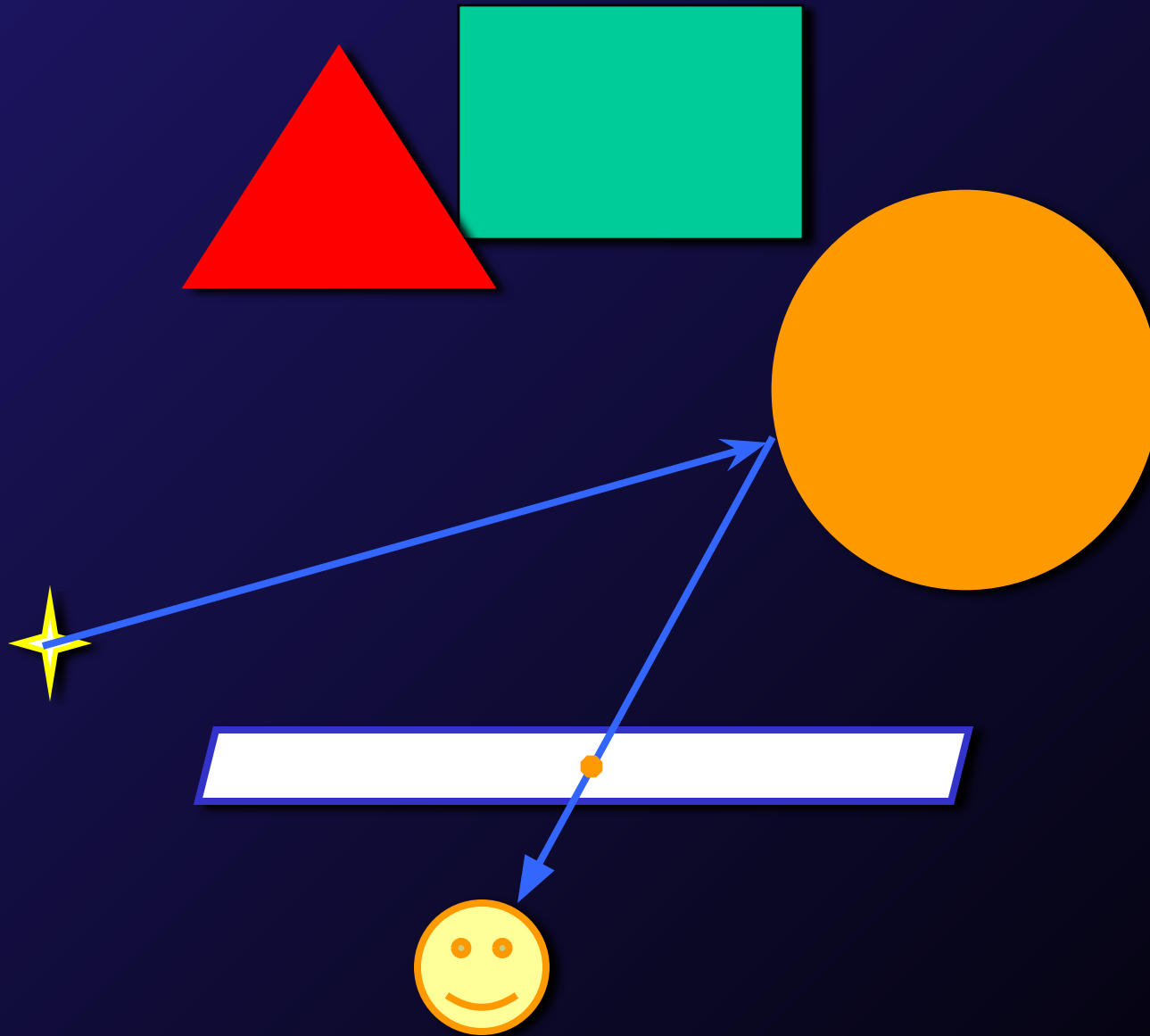
Незалежно від того, як він організований, можна віділити три головних етапи:

- Математичний опис тривимірної сцени
- Геометричні перетворення
- Рендерінг



3D-конвеєр

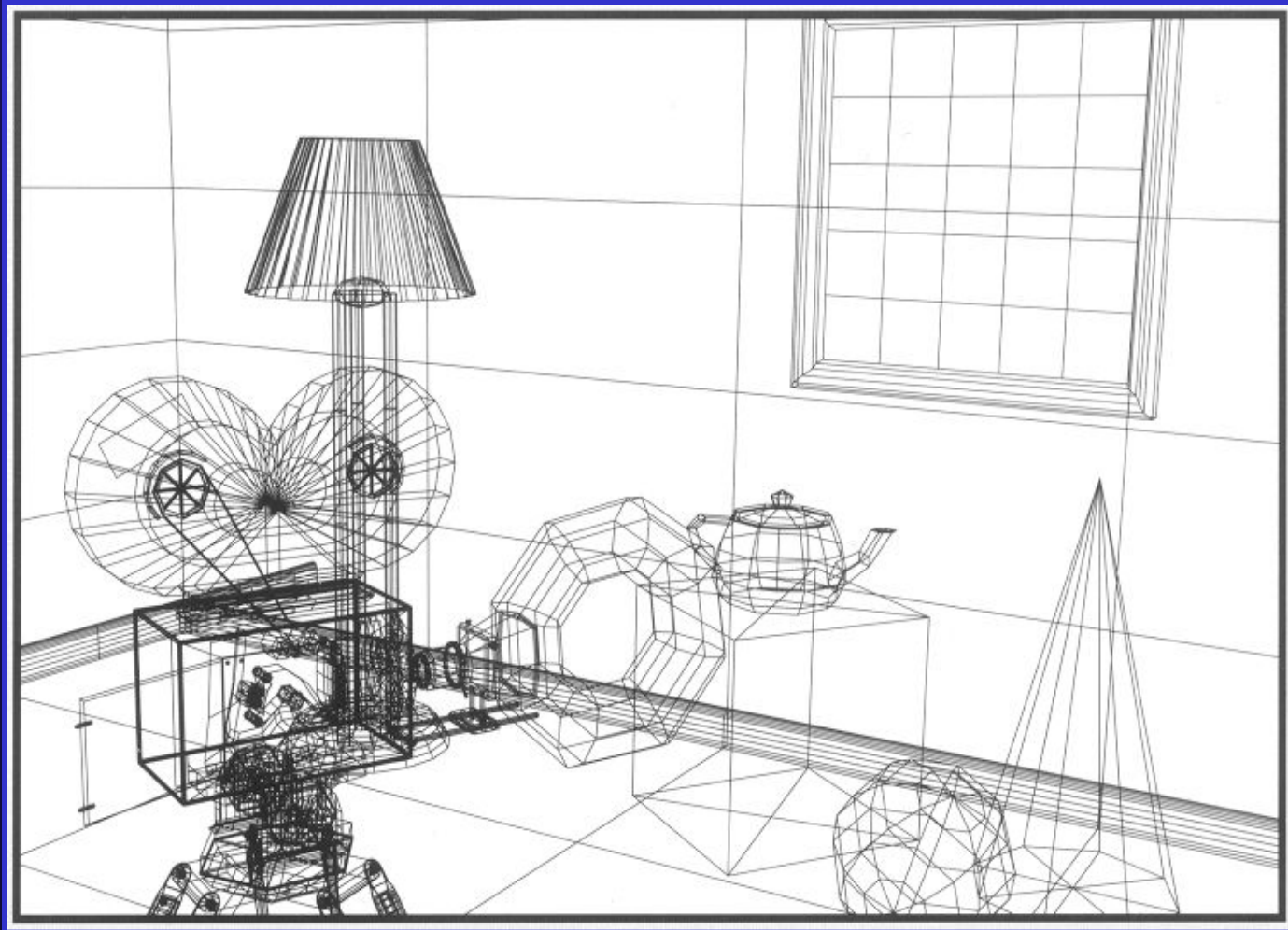
Опис тривимірної сцени



3D-конвеєр

Геометричні перетворення

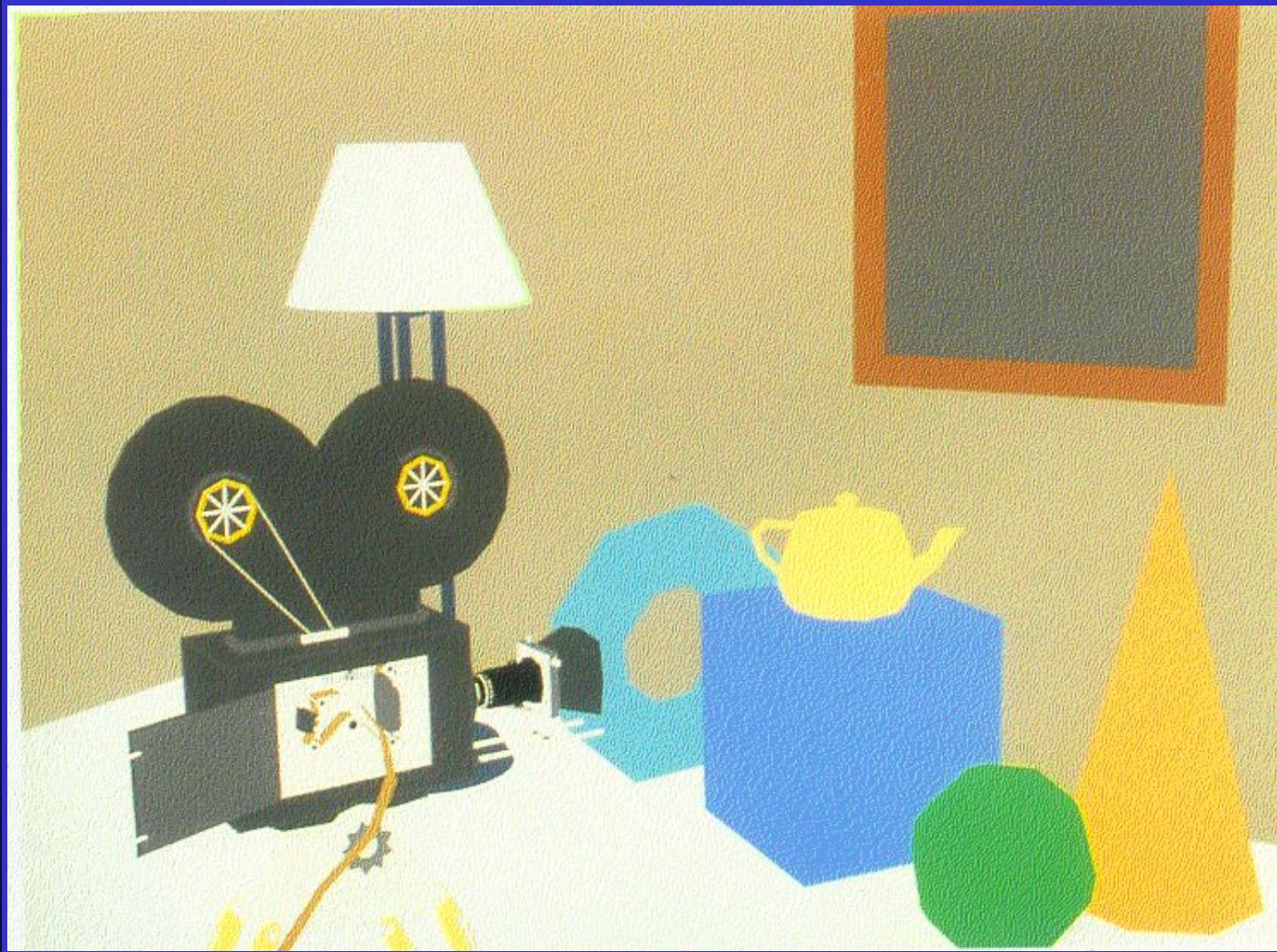
Проеціювання



3D-конвеєр

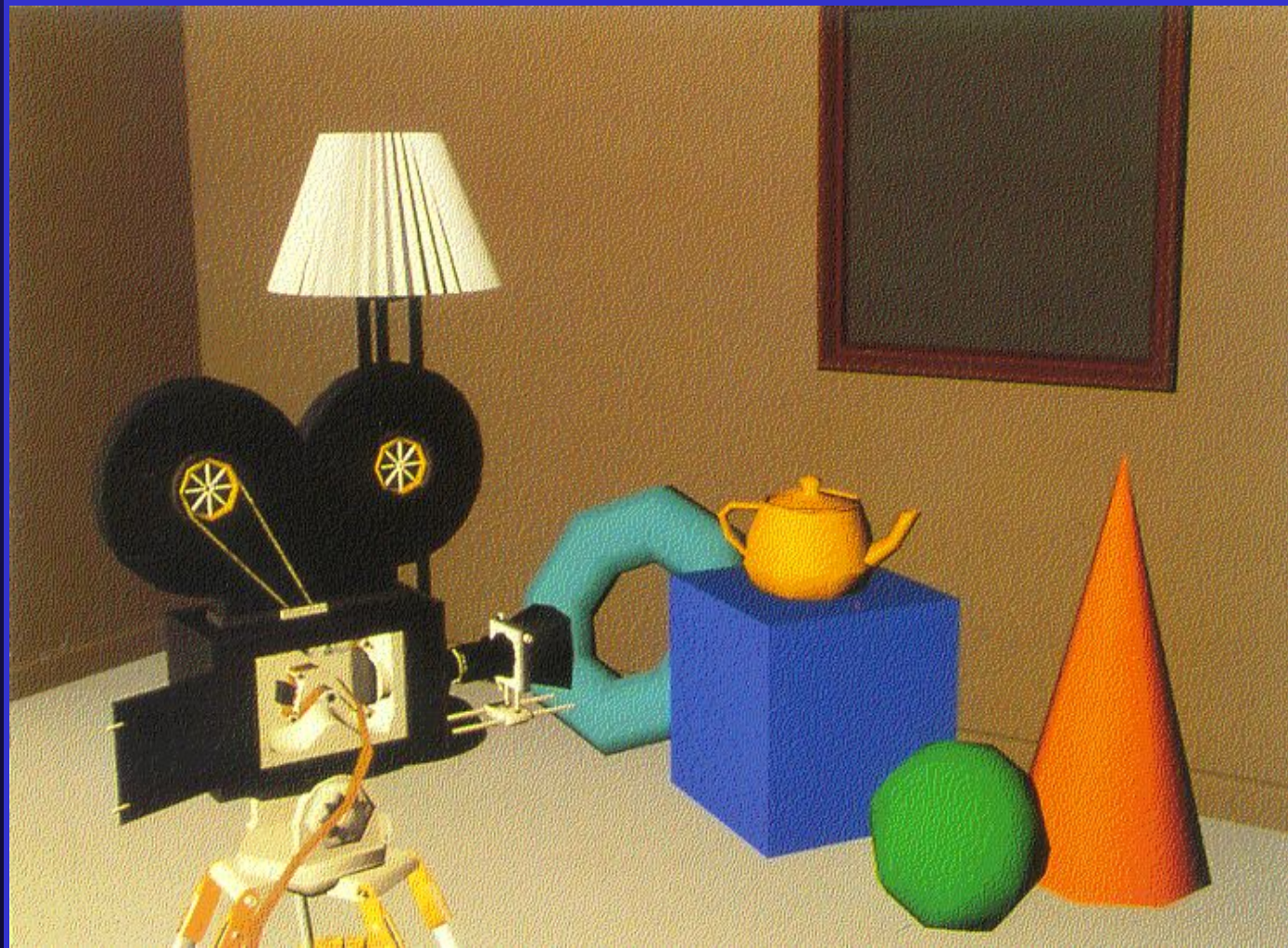
Геометричні перетворення

Видалення невидимих поверхонь



3D-конвеєр

**Рендерінг
(зафарбування з врахуванням моделі освітлення)**



Опис сцени



Опис сцени

Об'єкти в просторі можуть бути задані:

як набір вокселів

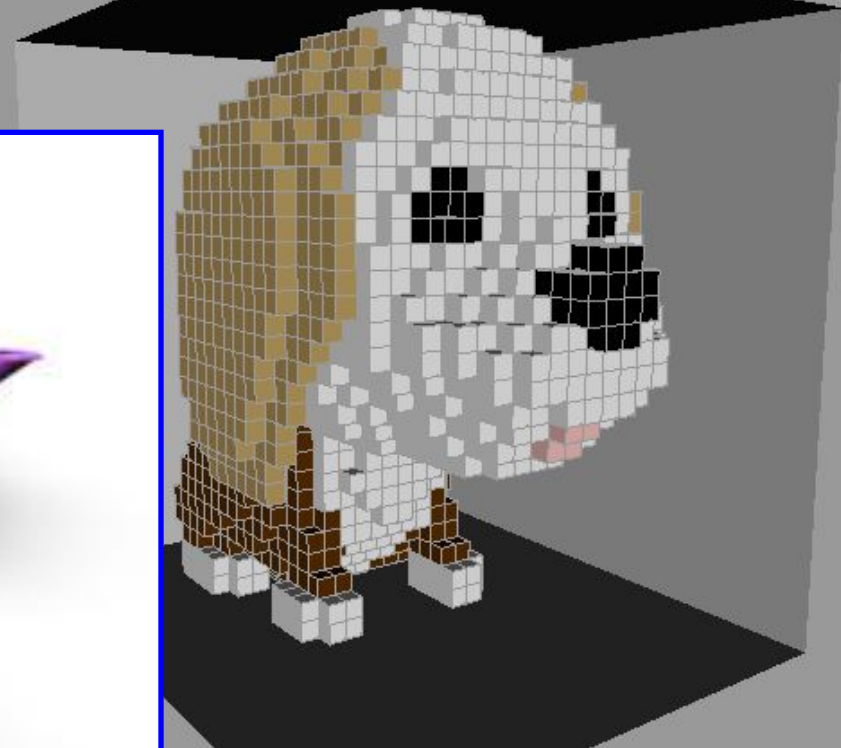
як поверхня



- **Воксель** (*Voxel*) — від слів: об'ємний *volumetric*) і піксель (*pixel*). — це елемент об'ємного зображення, що містить значення елемента на регулярній ґратці в тривимірному просторі, аналогічно пікселю у двовимірному просторі



(Визначення !)



Опис сцени

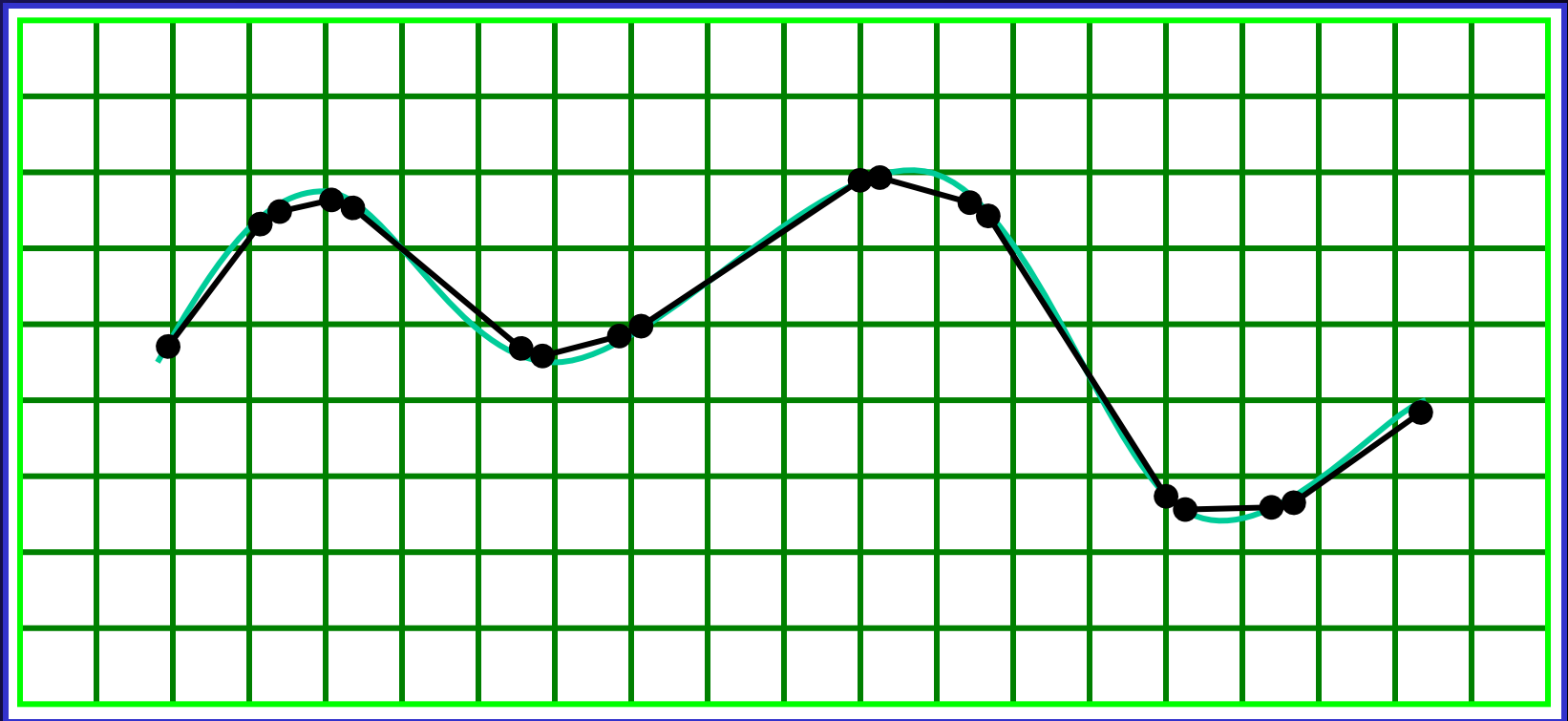
Недоліки воксельного завдання

- Велика кількість елементів, що суттєво збільшує ресурсоємність математичної обробки
- Отримання поверхні все одно потрібно

Опис сцени

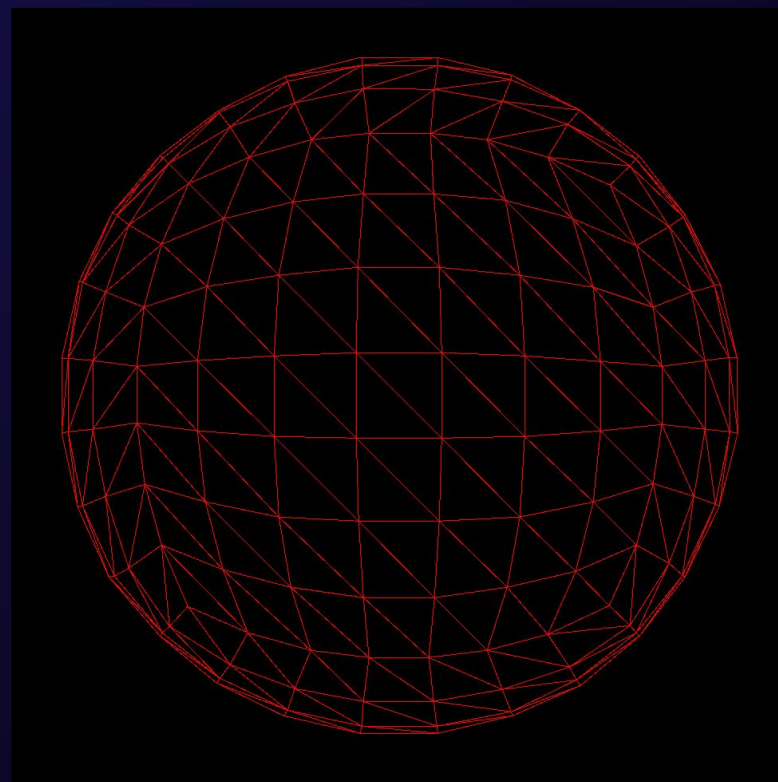
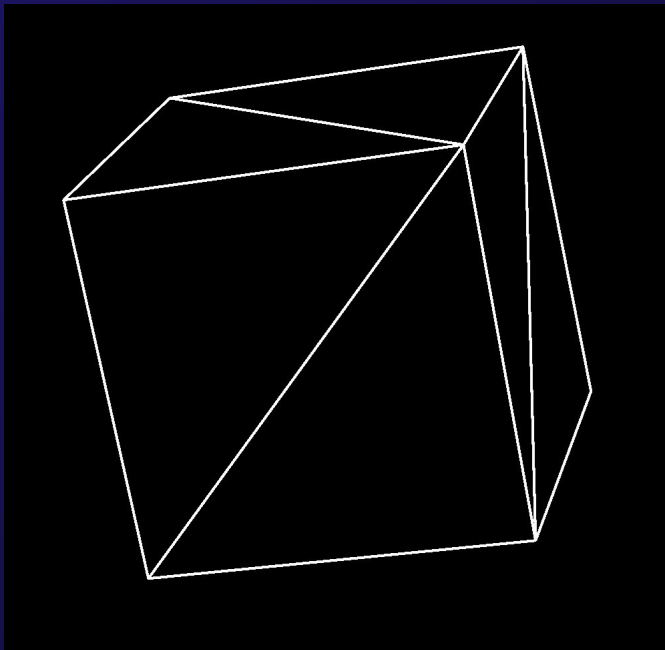
Полігональна модель

Як приклад (2D-аналогія) Наближення гладкої кривої за допомогою ламаної



Опис сцени

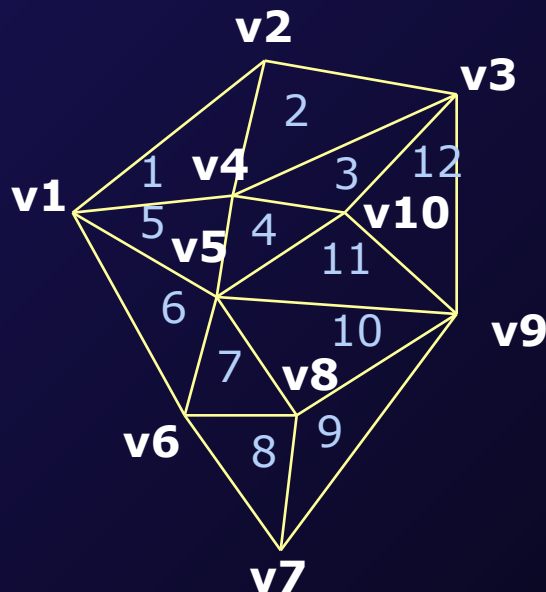
Полігональна модель



Опис сцени

Полігональна модель

Полігони описуються у просторі наборами вершин (vertex)



1: v1, v2, v4
2: v2, v3, v4
...
12: v3, v9, v10

Опис сцени

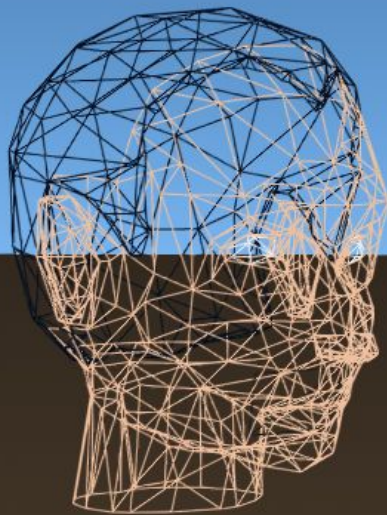
Полігональна модель

Якість завдання поверхні визначається

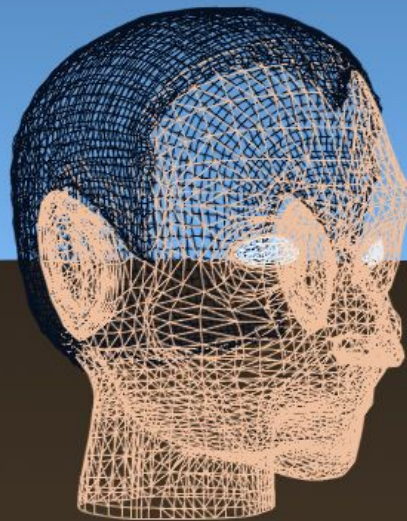
ск



850 polys



850 polys
+ normal mapping



9130 polys

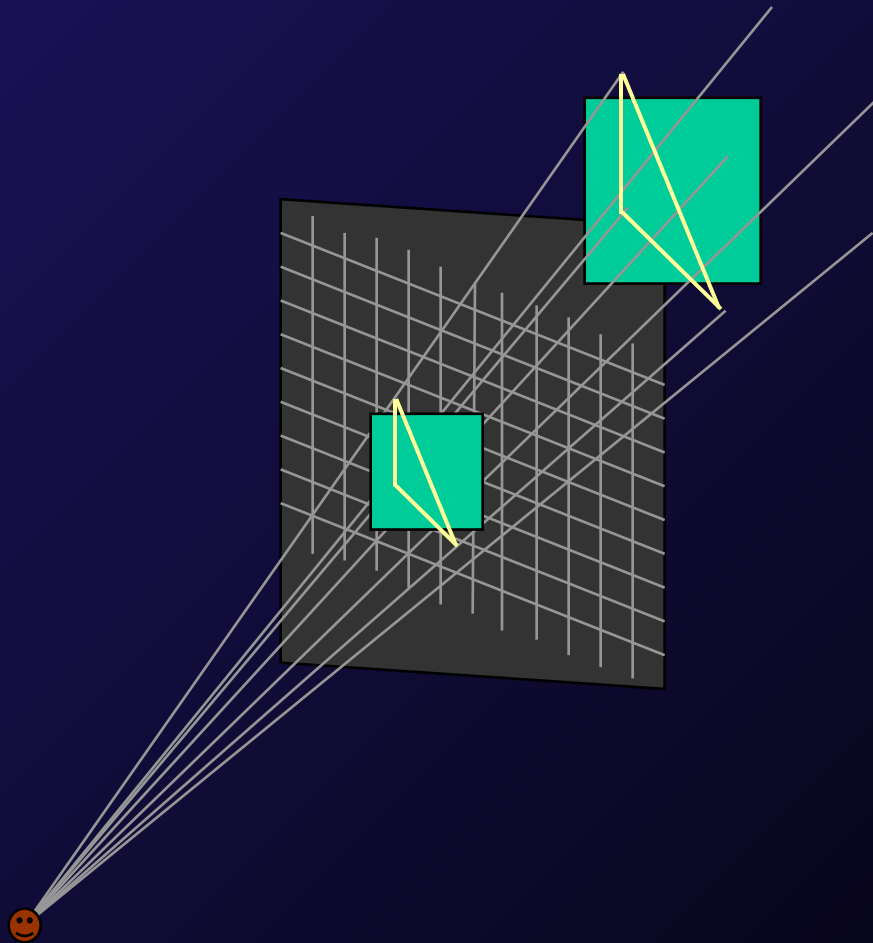


Геометричні перетворення



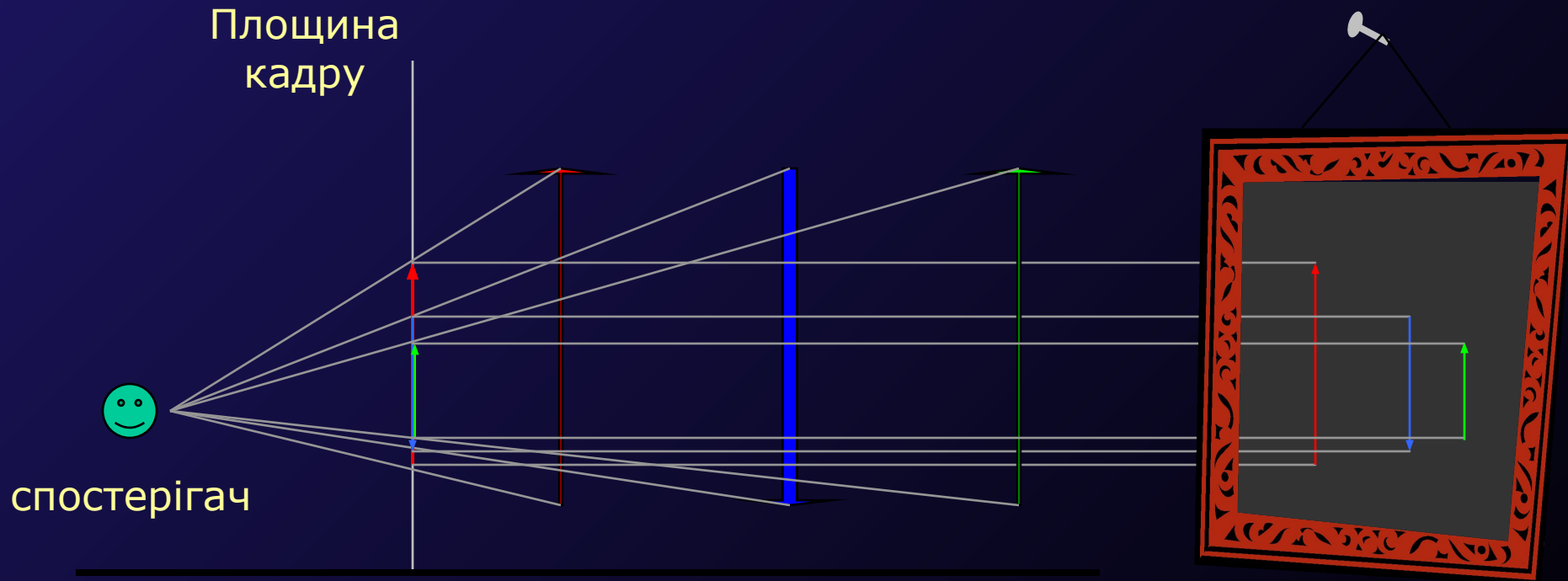
Геометричні перетворення

Проеціювання



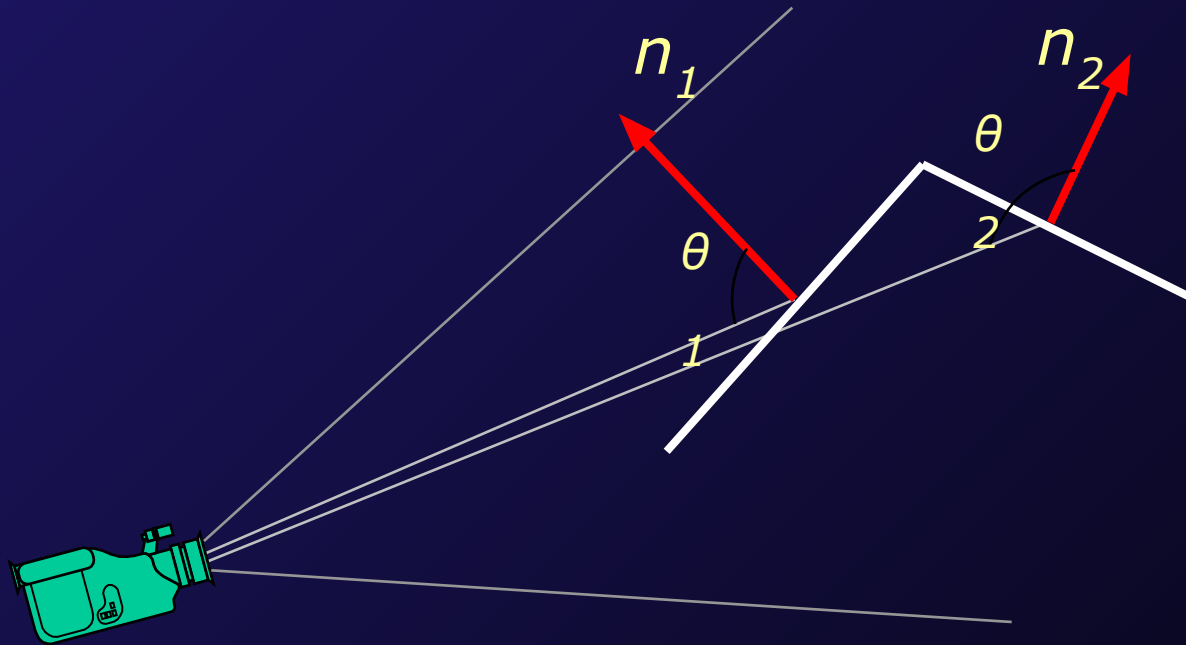
Геометричні перетворення

Проеціювання



Геометричні перетворення

Видалення невидимих поверхонь

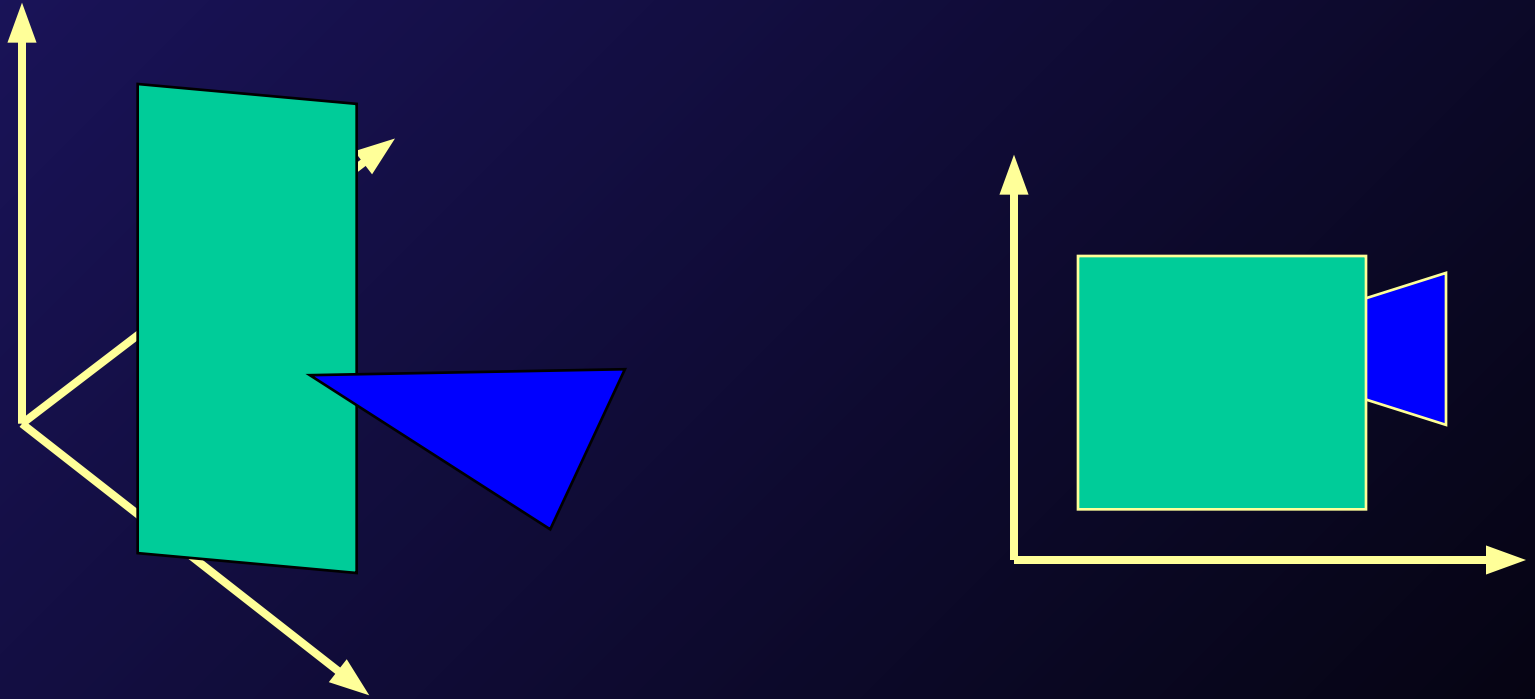


Якщо $-90^\circ < \theta$
Поверхня є видимою

Геометричні перетворення

Видалення невидимих поверхонь

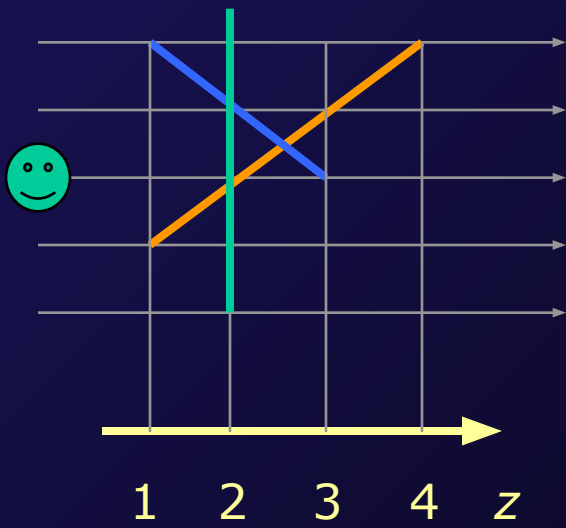
Метод Z-буфера



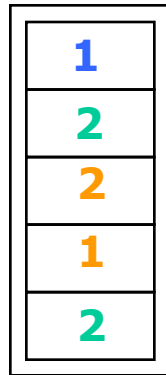
Геометричні перетворення

Видалення невидимих поверхонь

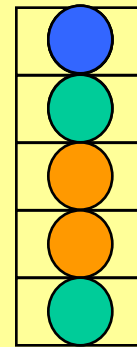
Метод Z-буфера



z-буфер



буфер кадра



В буфер кадра отбирается точка с минимальным значением z-координаты.

Геометричні перетворення



Рендерінг (rendering) - візуалізація, відтворення (додавання характеристик поверхонь, геометрії освітлення, спецефектів, врахування прозорості).

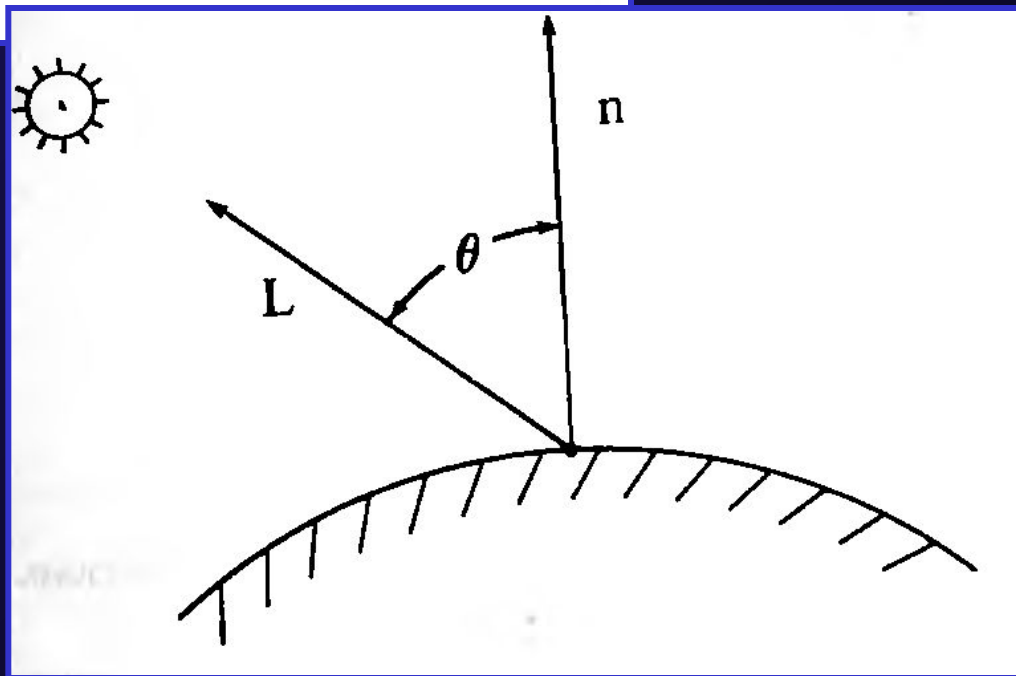


Геометричні перетворення

Рендерінг Гуро

Проста модель освітлення: дифузне відбиття

$$I = I_l k_d \cos \theta \quad 0 \leq \theta \leq \pi/2$$



$$I = I_a k_a + I_l k_d \cos \theta \quad 0 \leq \theta \leq \pi/2$$

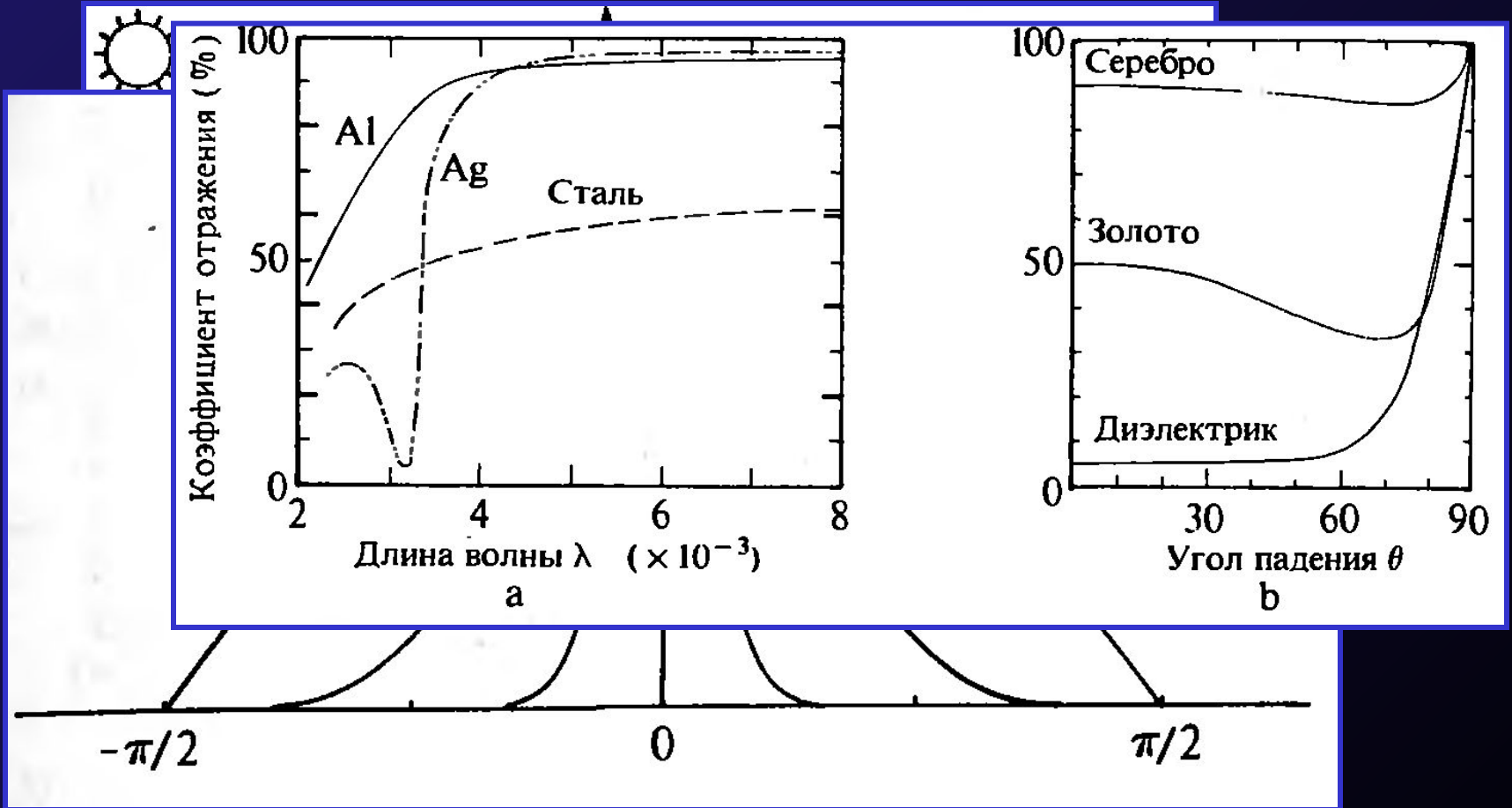
$$I = I_a k_a + \frac{I_l k_d \cos \theta}{d + K}$$



Геометричні перетворення

Рендерінг Гуро

Проста модель освітлення: дзеркальне відбиття



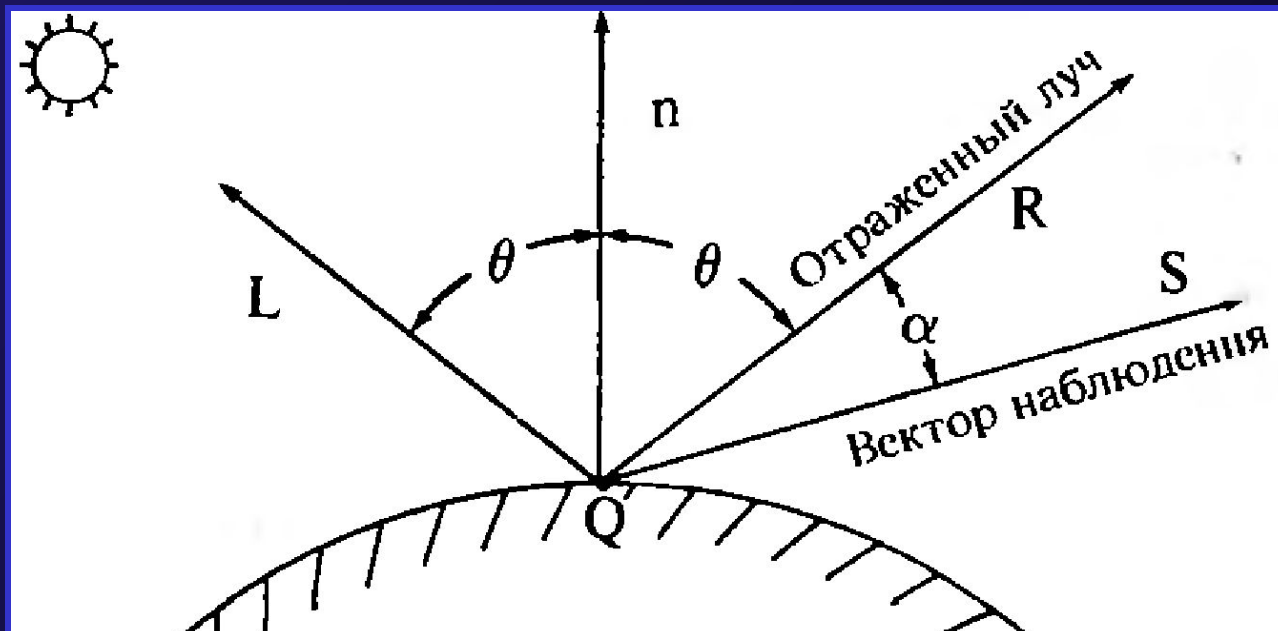
где $w(i, \lambda)$ — кривая отражения, представляющая отношение зеркально отраженного света к падающему как функцию угла падения i и длины волны λ ; n — степень, аппроксимирующая пространственное распределение зеркально отраженного света.



Геометричні перетворення

Рендерінг Гуро

Проста модель освітлення: дзеркальне відбиття



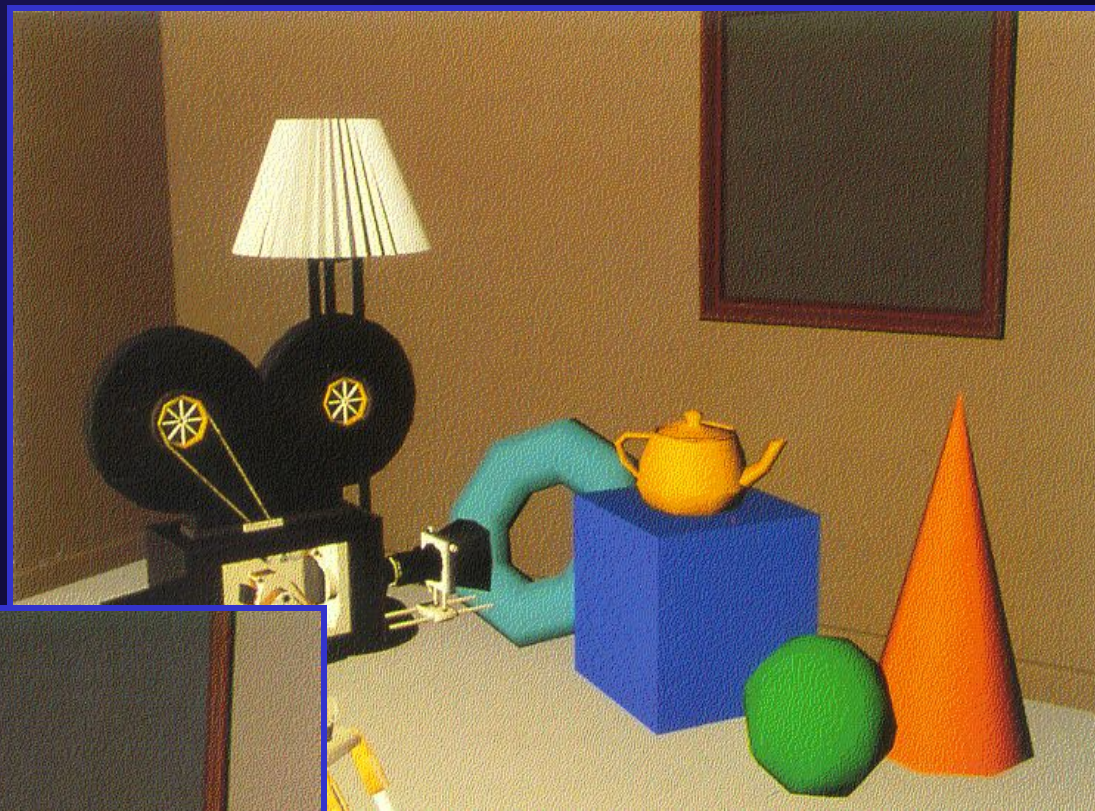
$$I = I_a k_a + \frac{I_l}{d + K} (k_d \cos \theta + w(i, \lambda) \cos^n \alpha)$$

где $w(i, \lambda)$ — кривая отражения, представляющая отношение зеркально отраженного света к падающему как функцию угла падения i и длины волны λ ; n — степень, аппроксимирующая пространственное распределение зеркально отраженного света.



Геометричні перетворення

Рендерінг Гуро



Рендерінг Фонга



Складові реалістичності



Складові реалістичності





- Відтворення форми поверхні
- Перспективні спотворення
- Відтворення властивостей поверхні
- Модель освітлення
- Текстури
- Тіні (з півтінями)
- Спецефекти постобробки
- Відбиття
- Об'ємні ефекти (заломлення)
- Реалістичність руху (для динамічної графіки)



Складові реалістичності

Спецефекти постобробки

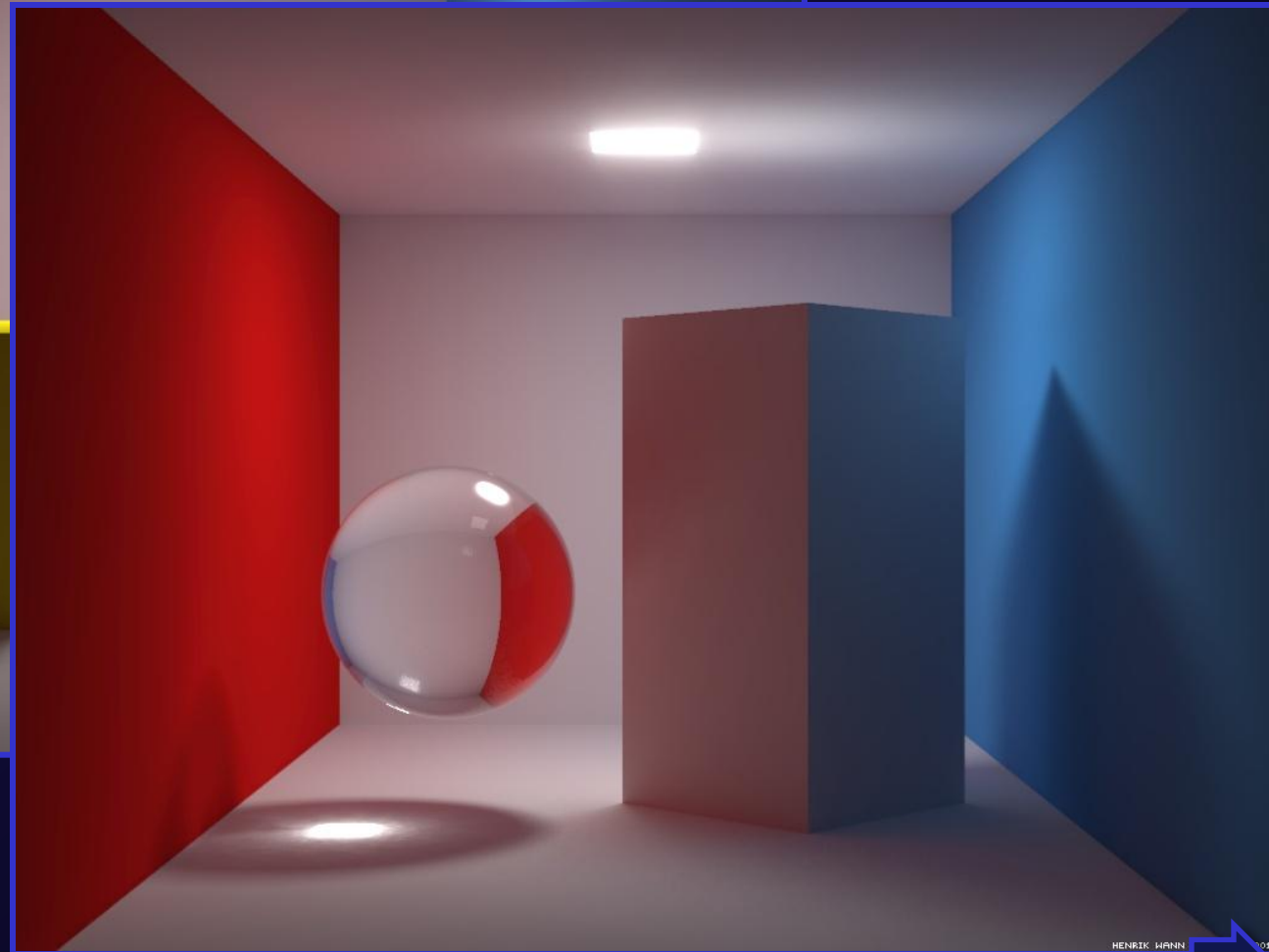
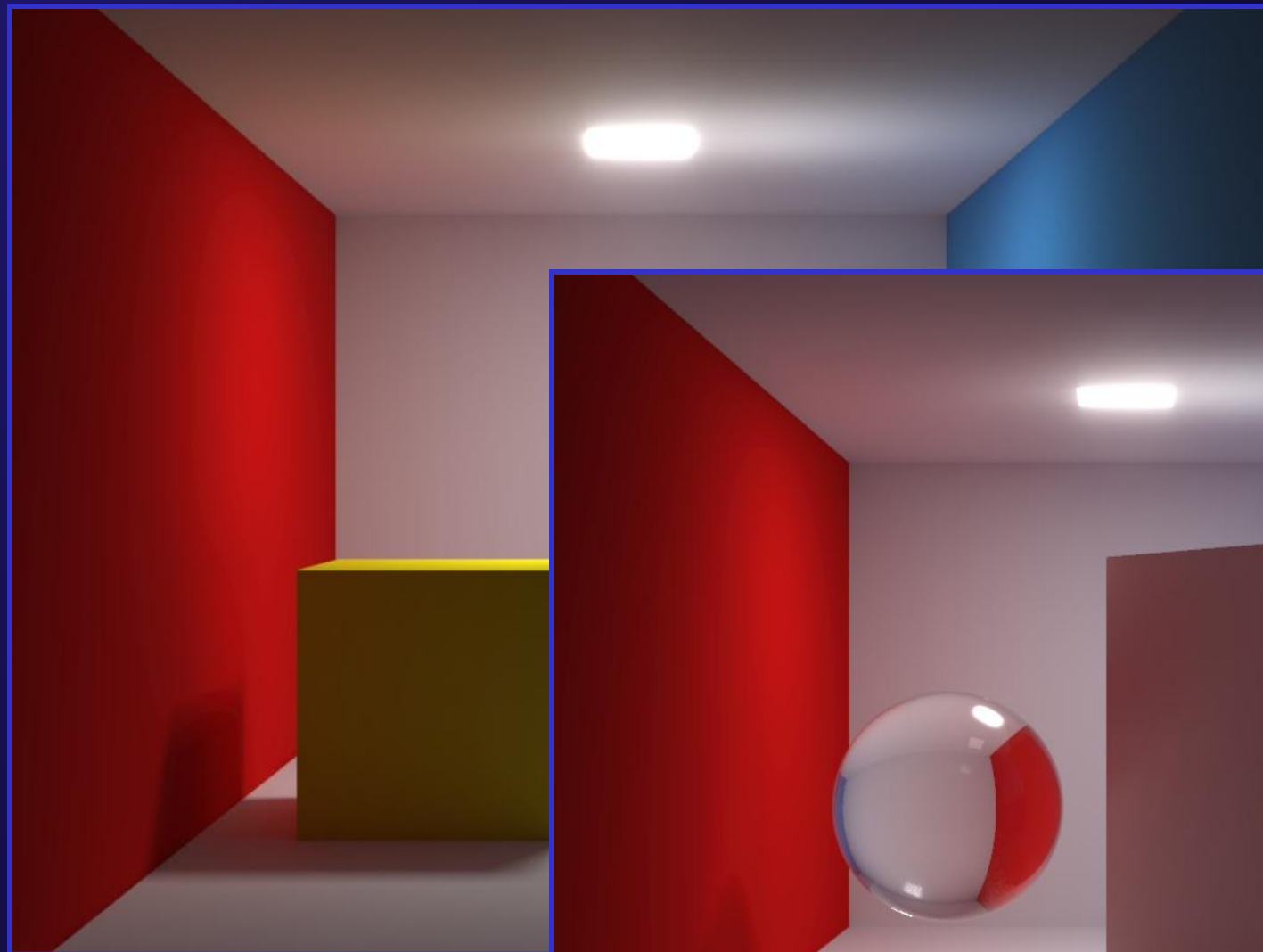
Перспективні спотворення

Об'ємні ефекти (заломлення)



Складові реалістичності

□ Модель освітлення



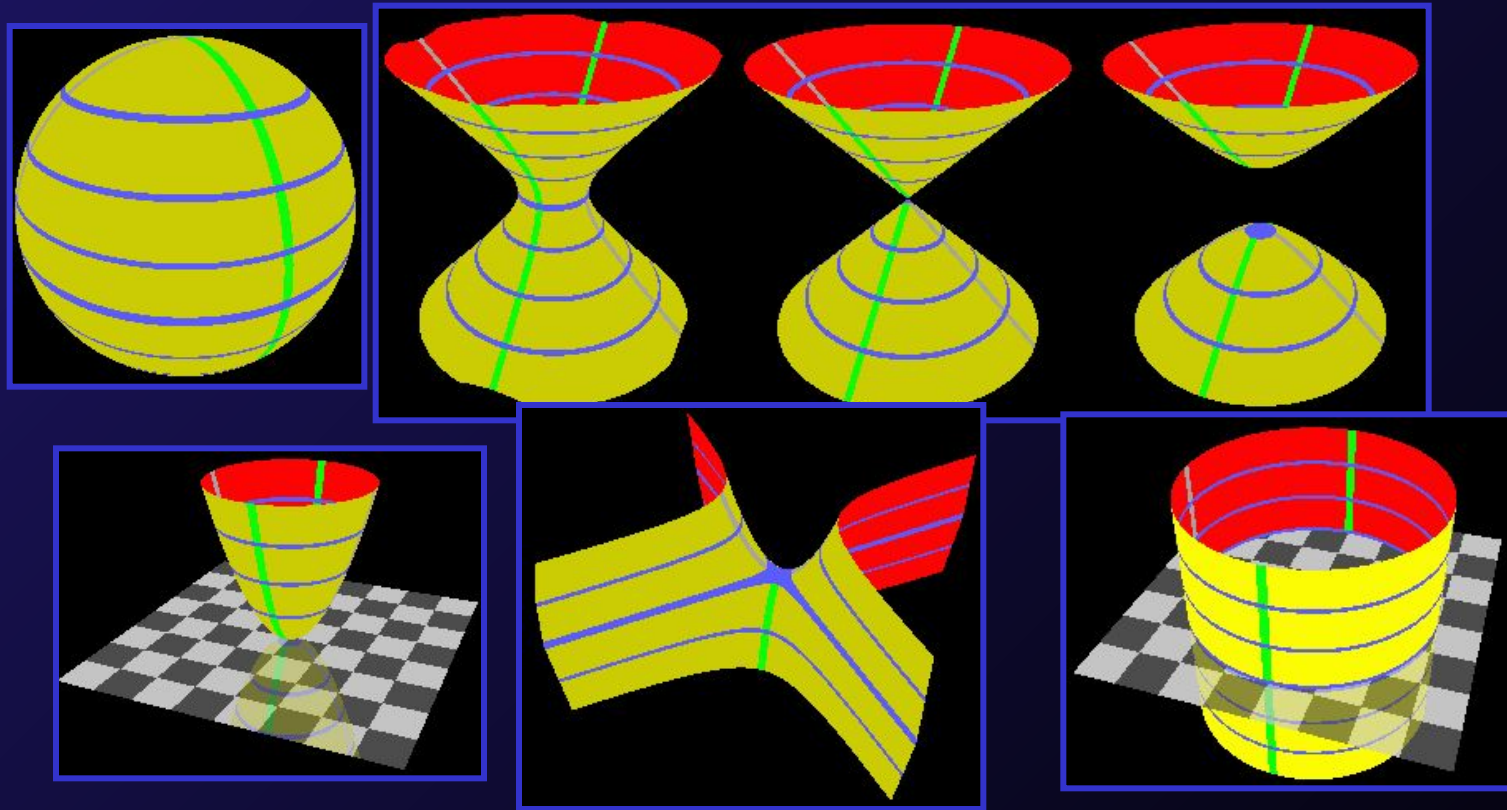
HENRIK WANN



Порівняння обмежень з ресурсоємності:

- Статична графіка
- Динамічна графіка
- Інтерактивна графіка

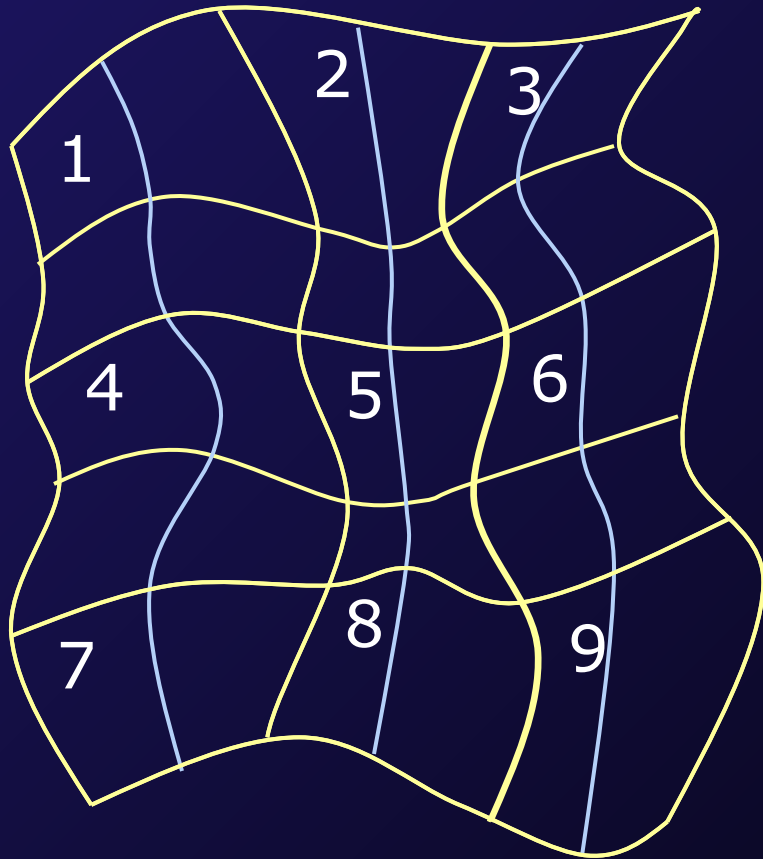
Статична модель Аналітичні поверхні



Використовуються поверхні другого порядку:
 $Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Exz + Fyz + Gx + Hy + Jz + K = 0$



Статична модель Бікубічні поверхні



Поверхня довільної форми розділяється на шматки (patch), кожен з яких апроксимується бікубічною поверхнею із умови неперервності на стиках крім не тільки значення а й першої похідної

Модель освітлення

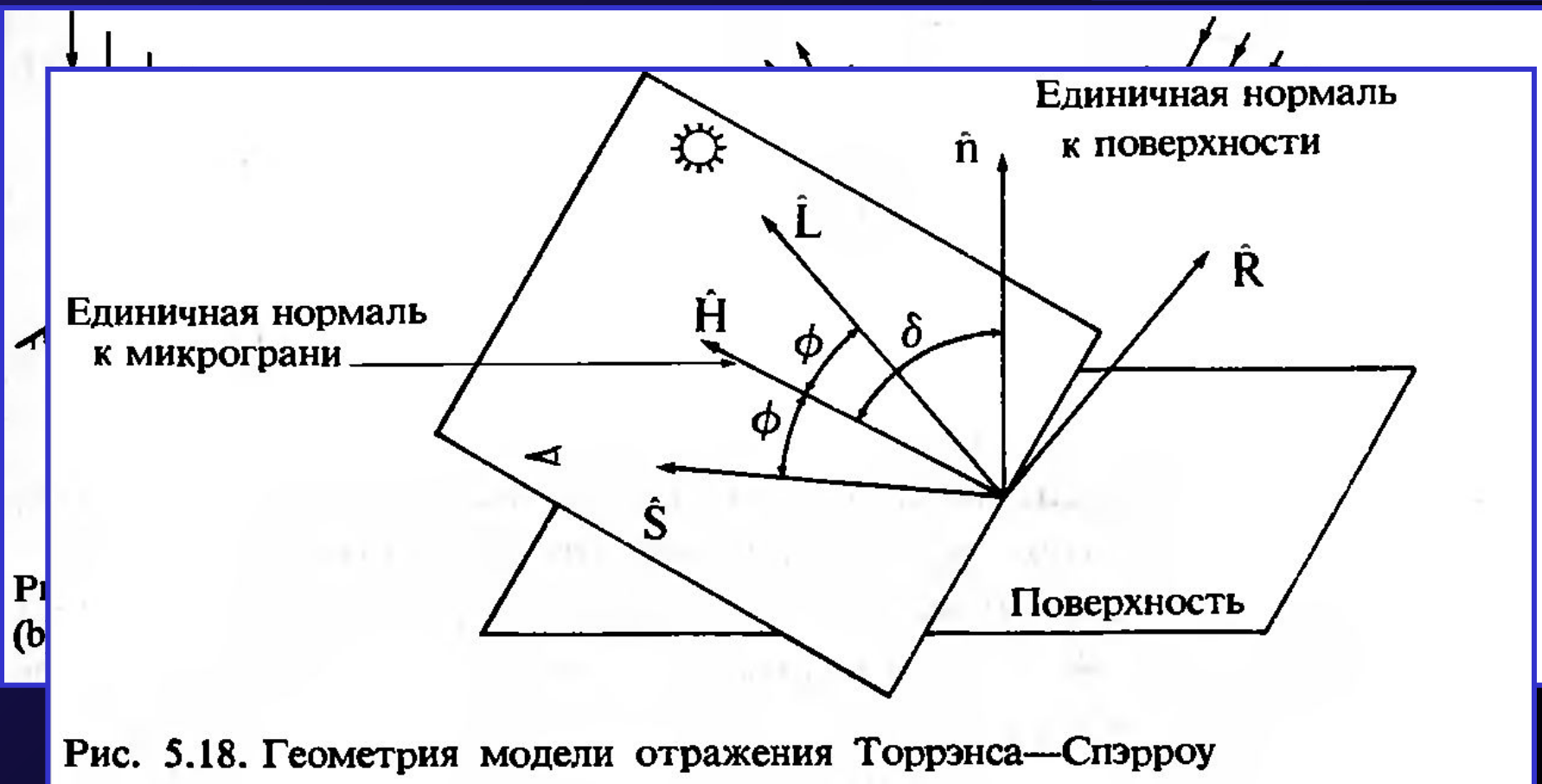


Модель освітлення

Модель освітлення Торренса-Сперроу



Закон Ламберта для
диффузного отраження:
 $L_o = L_d \cdot k_d \cdot \cos(\theta)$



Модель освітлення Торренса-Сперроу

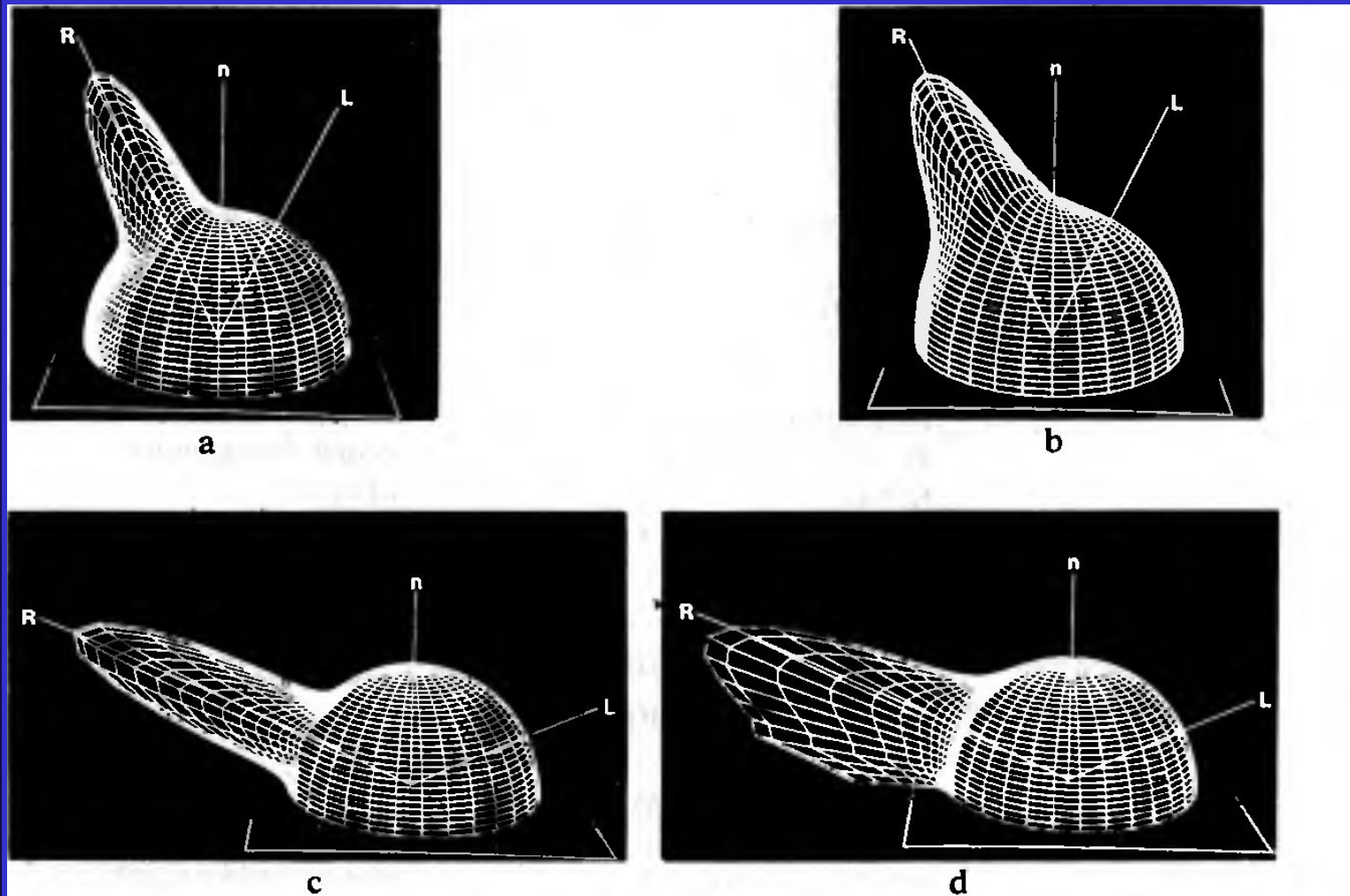


Рис. 5.23. Сравнение функций распределения света при угле падения, близком к нормальному (25°): (а) Фонг, (б) Торрэнс—Спэрроу; и при угле падения, близком к скользящему (65°): (с) Фонг, (д) Торрэнс—Спэрроу.

Модель матеріалу

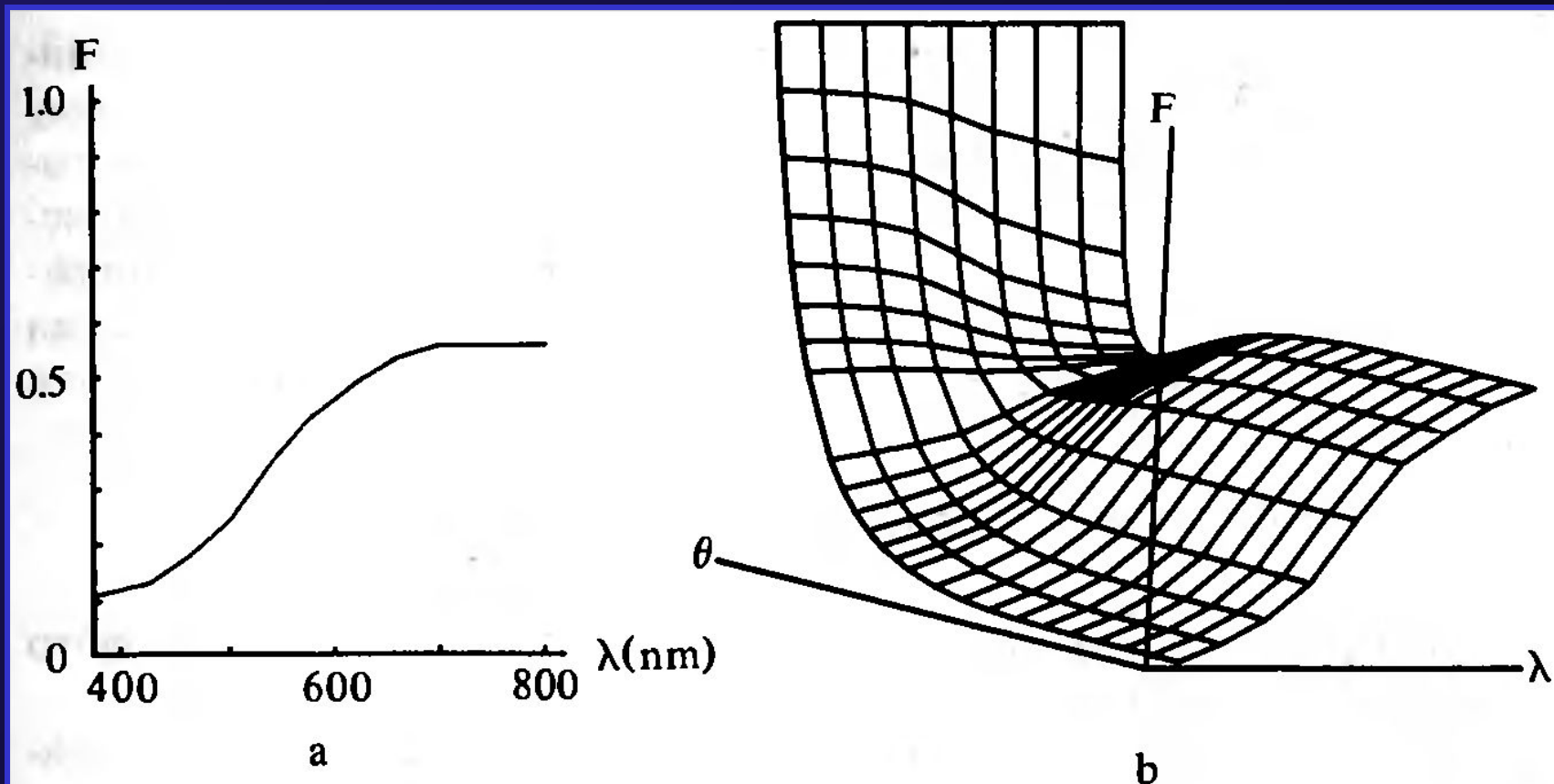


Рис. 5.21. Коэффициент отражения ρ бронзы (а) при нормальном падении света (б) как функция угла падения, полученная из (а) и уравнения Френеля. (С разрешения Р. Кука, Программа машинной графики, Корнелльский университет.)

Нанесення текстур



Нанесення текстур

Прості текстури

 (Визначення !)

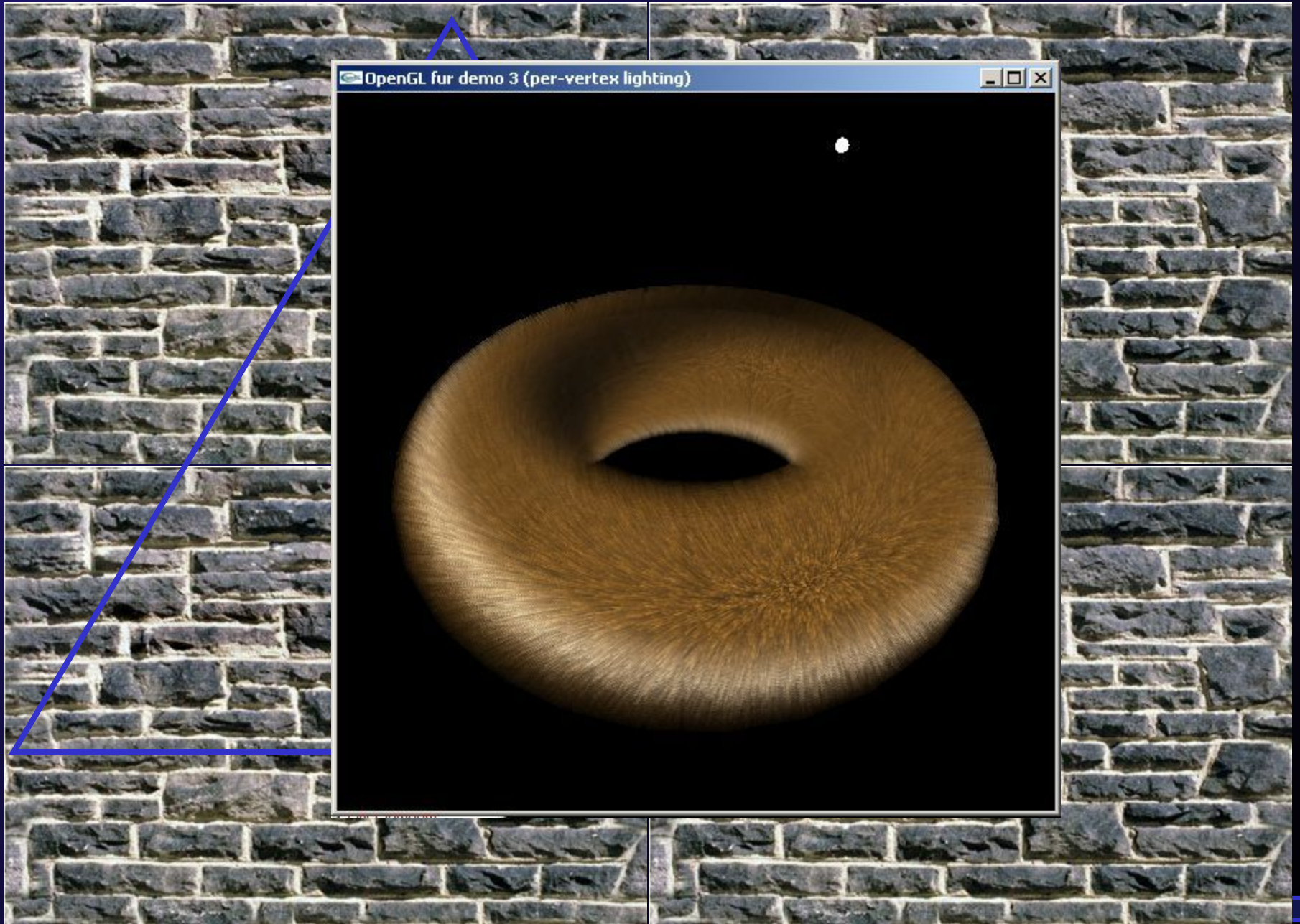
Текстура - Растрове зображення, що накладається на поверхню полігона для надання їй кольору, ознаки матеріалу, імітації рельєфу

Тексель (*Texture element*) - мінаїмальна одиниця текстури

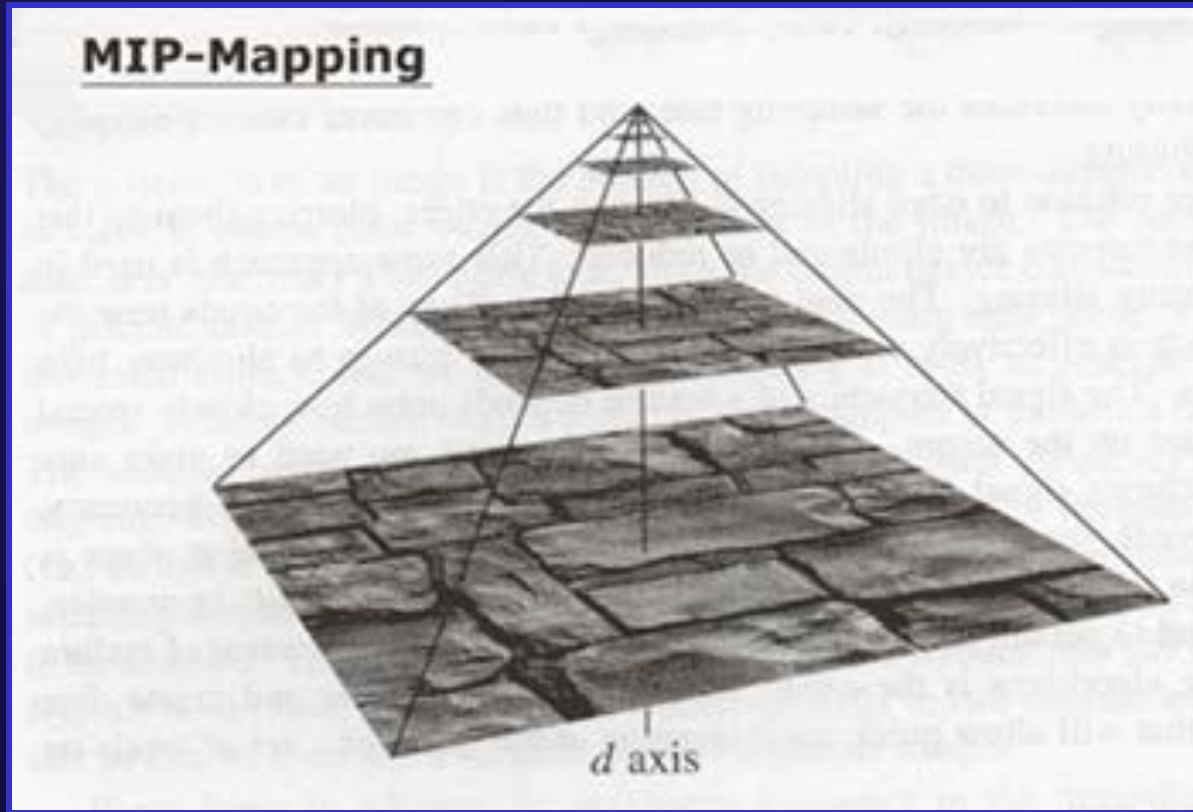


Нанесення текстур

Трансляція текстури



Прості текстури



Нанесення текстур

Процедурні текстури

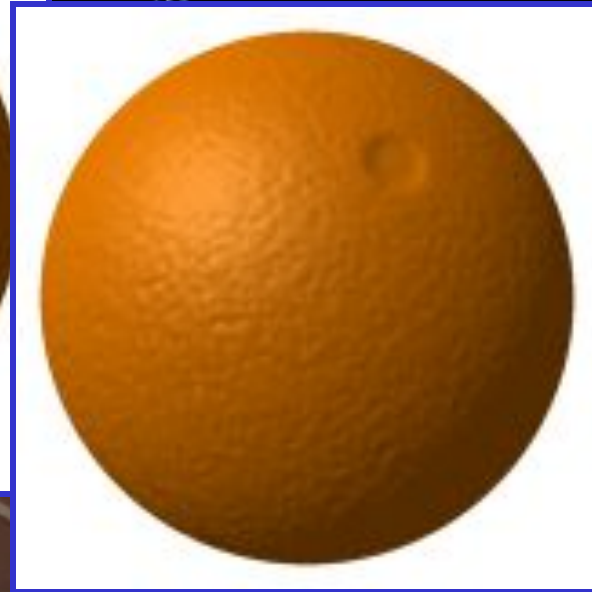
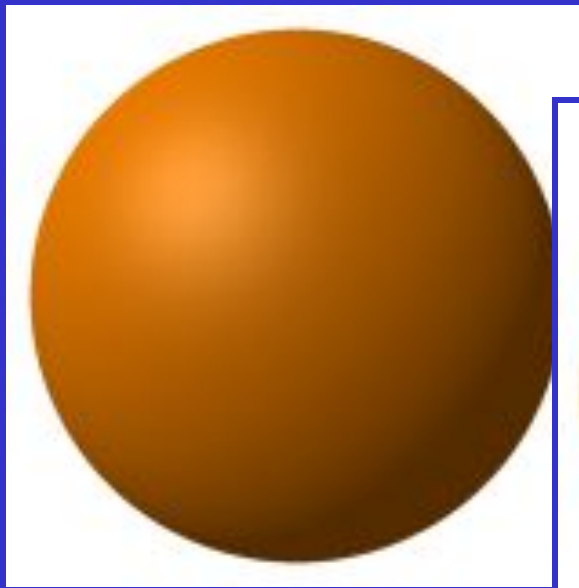
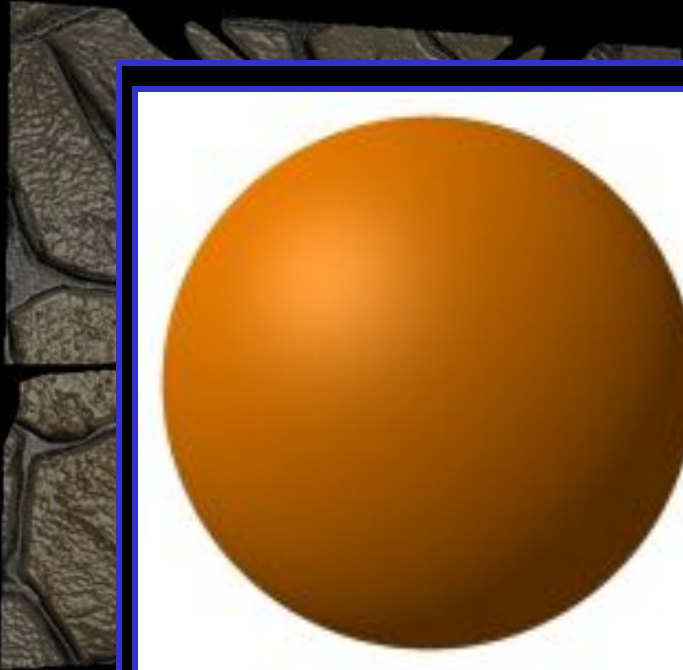


Нанесення текстур

Об'ємні текстури (bump mapping)

394.84 FPS ON RADEON 9700 PRO (OMEGA 2.5.36a)

UP/DOWN/LEFT/RIGHT ARROWS - ROTATE OBJECT
W/S/A/D KEYS - MOVING IN WORLD SPACE



tangent vector

normal vector

Нанесення текстур



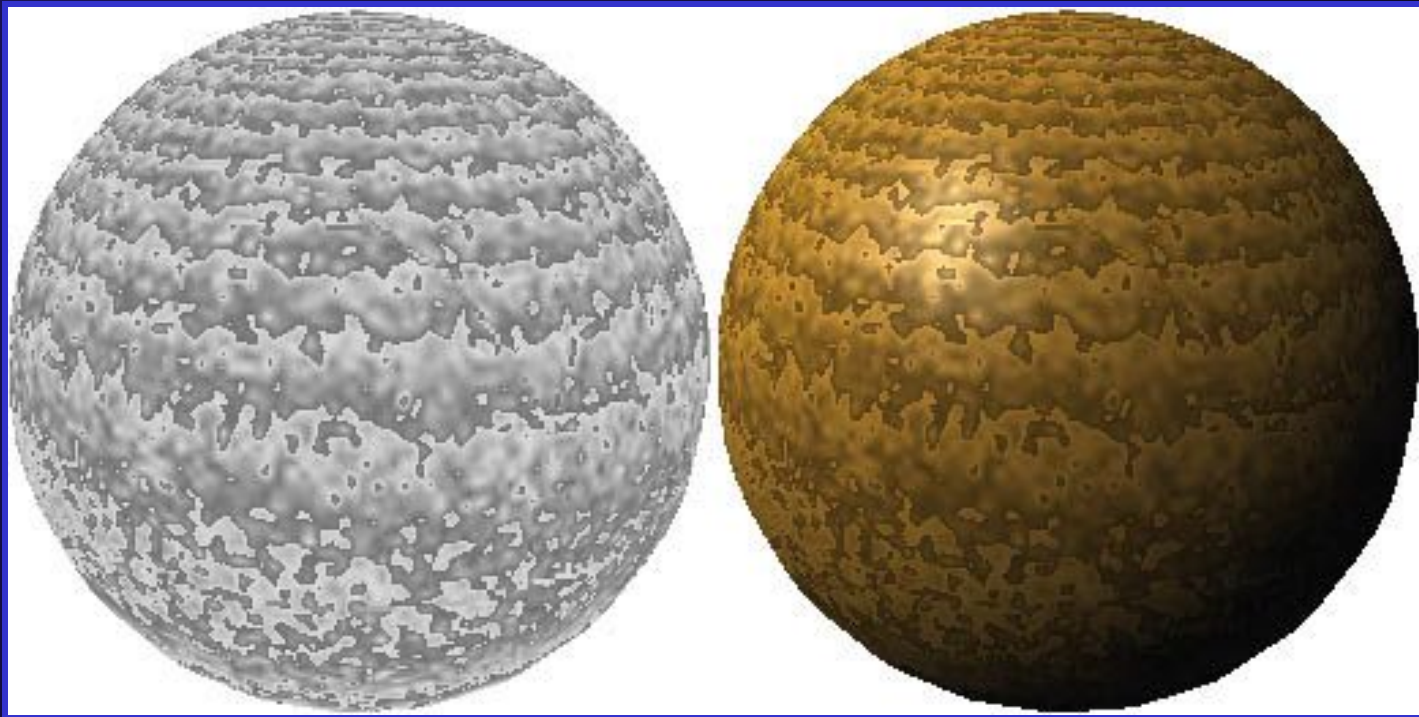
Піксельні шейдери - це програми, які виконує графічний процесор під час растерізації кожного пікселя коли виконується вибірка з текстур, операції з кольором та значенням глибини (Z). В результаті виконання шейдер видає значення кольору і модифіковане значення глибини для наступного етапу обробки

Забезпечує виконання мультітекстурування, (bump mapping), накладання карти освітлення (lightmap)



Піксельні шейдери

Приклад: текстура деревини без освітлення
та з освітленням



Нанесення текстур

Піксельні шейдери

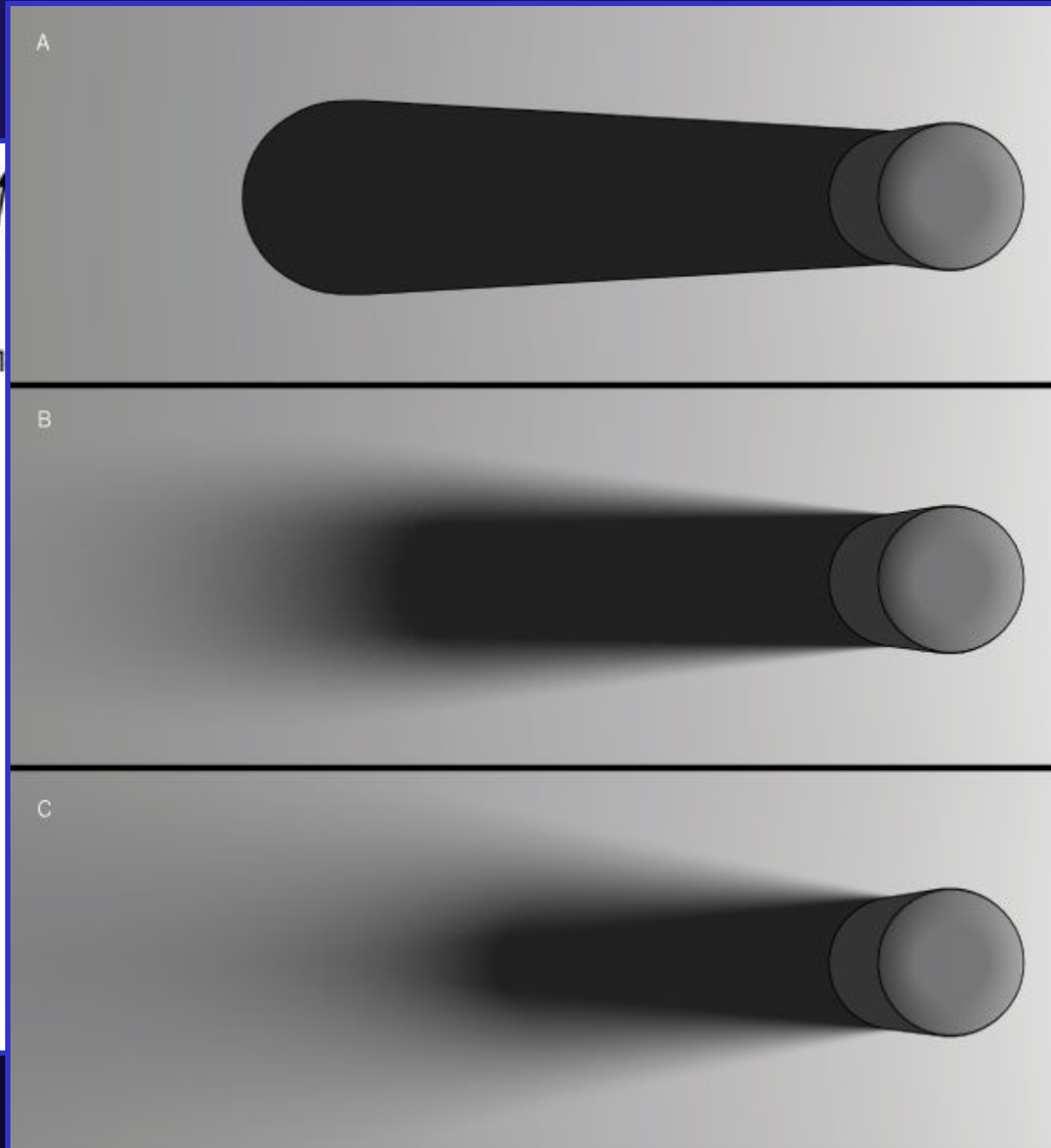
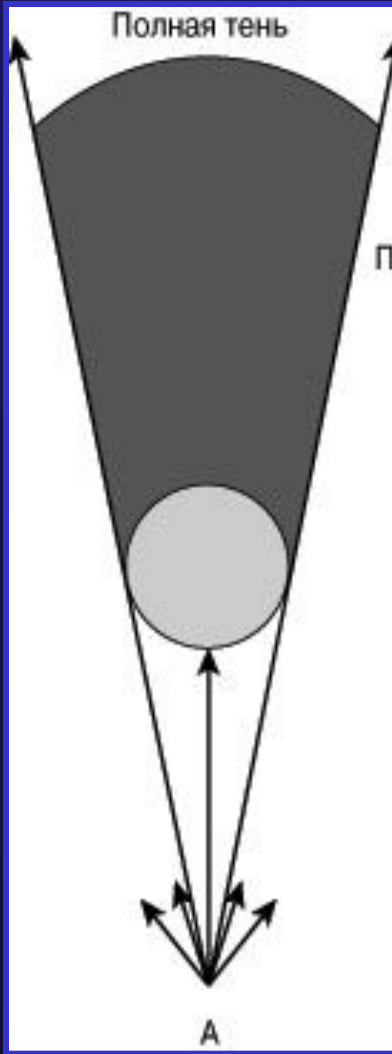
Попіксельне освітлення



Побудова тіней



Побудова тіней



Побудова тіней

Створення списку неосвітлених полігонів

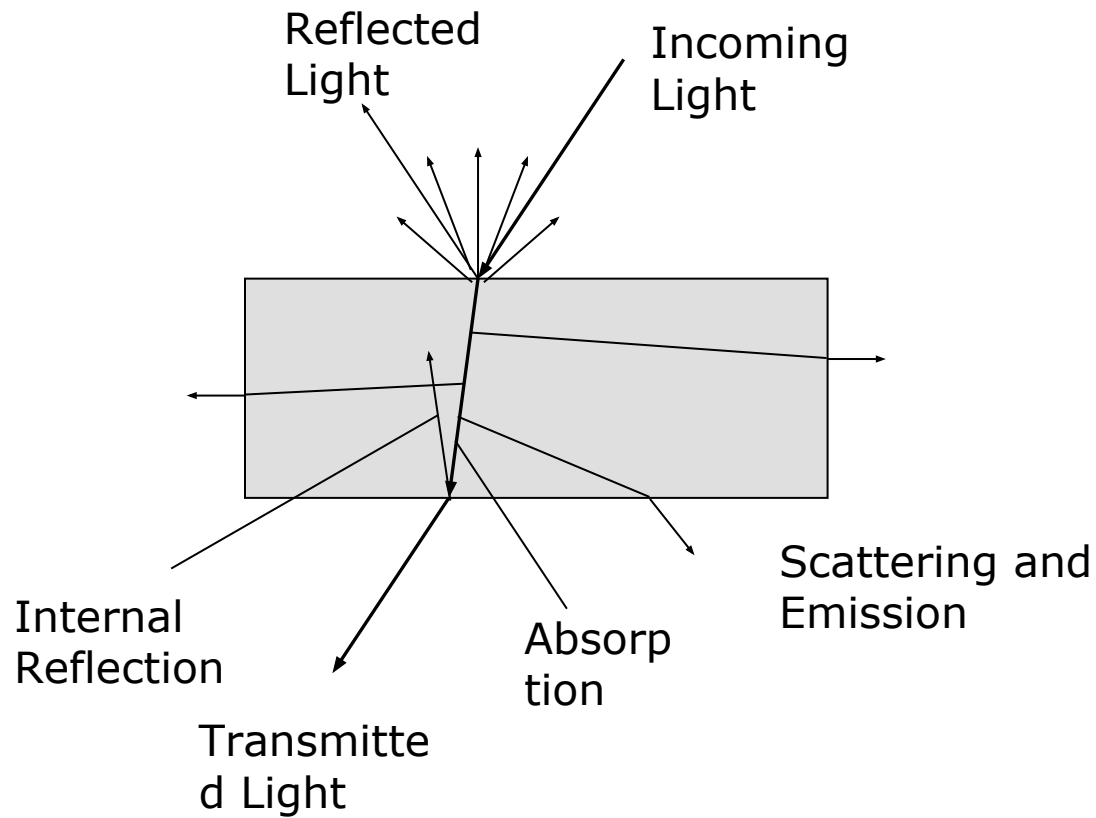
Подвійне використання Z-буферу



Трасування променів

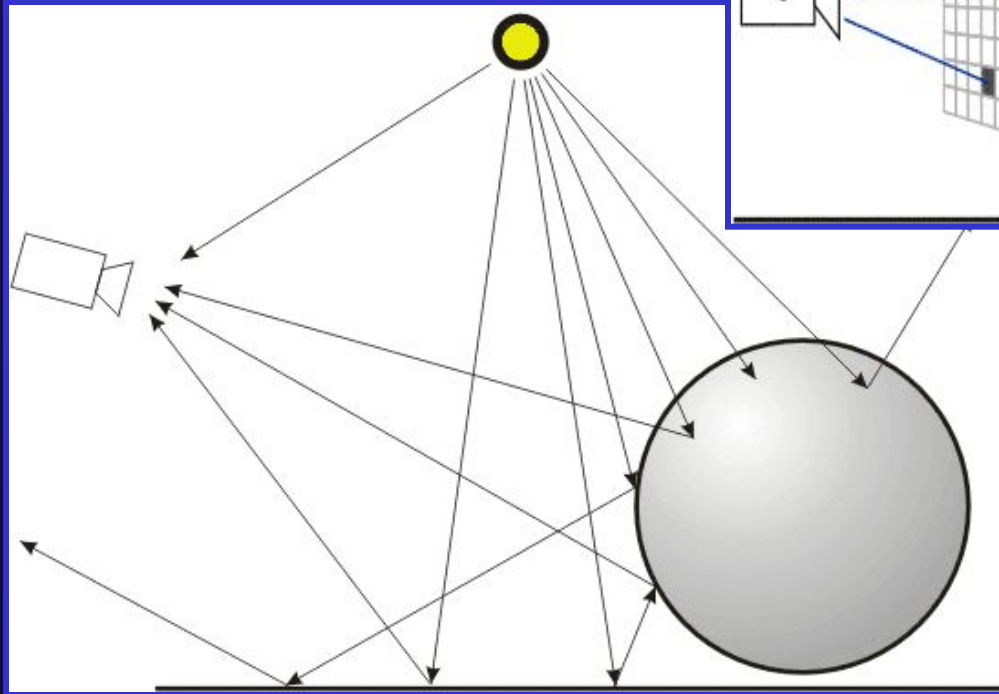
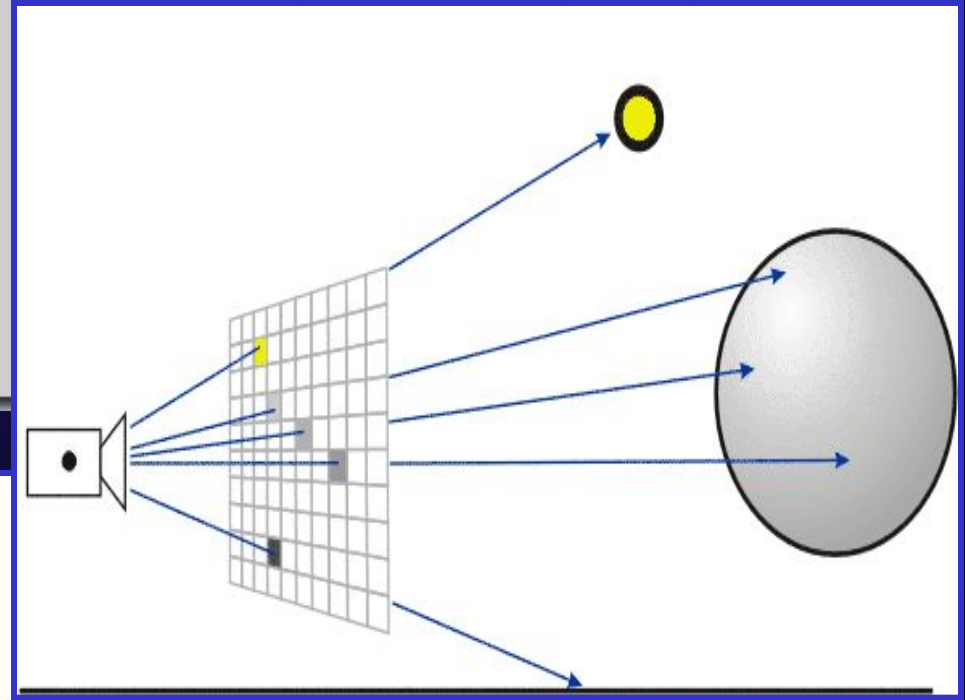
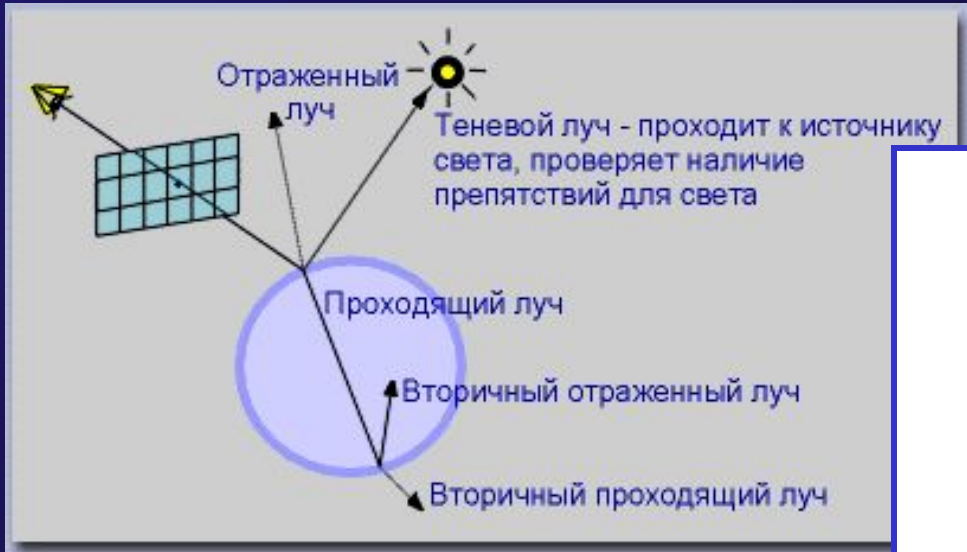


Трасування променів



Трасування променів

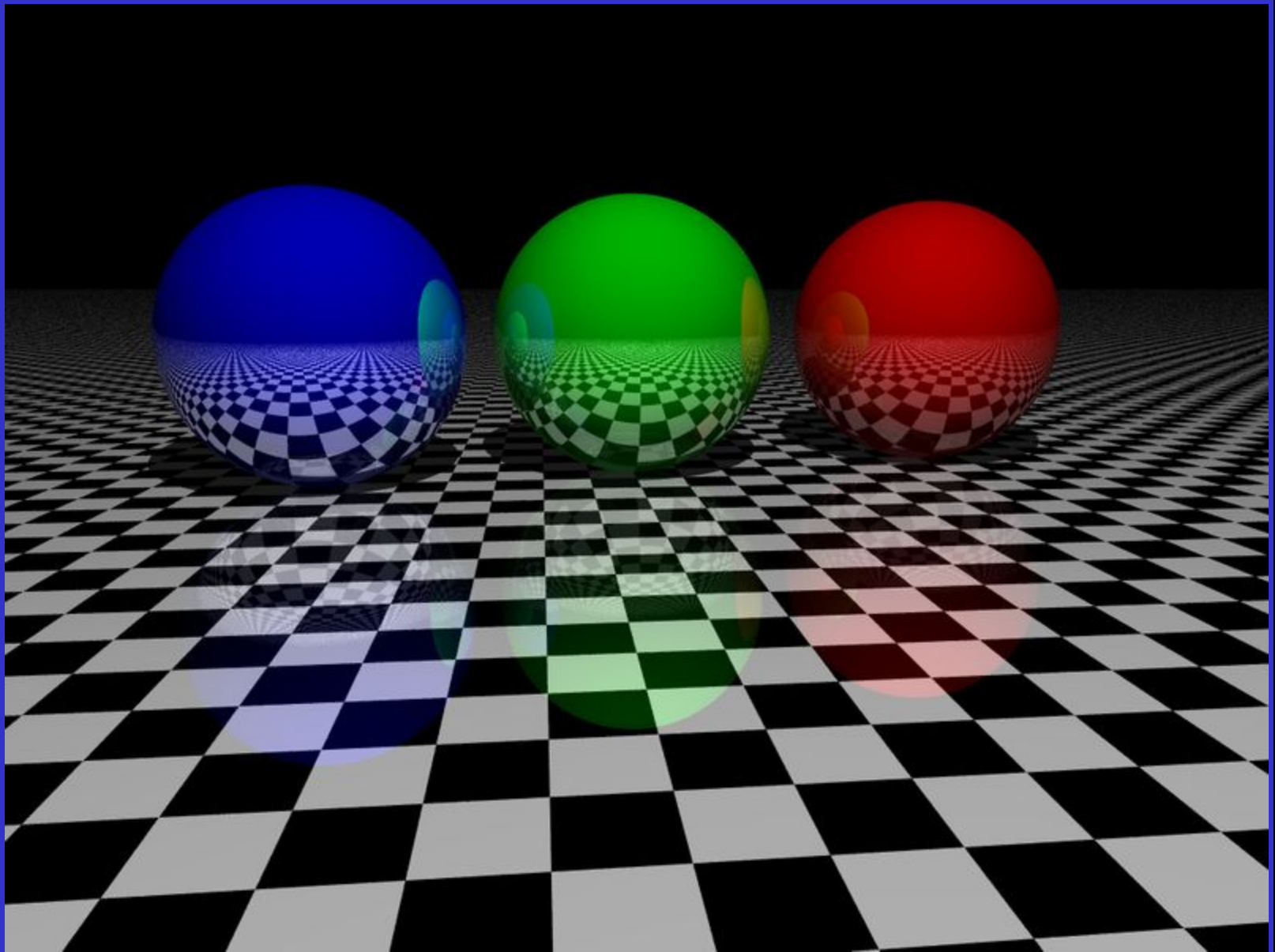
Зворотнє трасування



Пряме трасування



Трасування променів



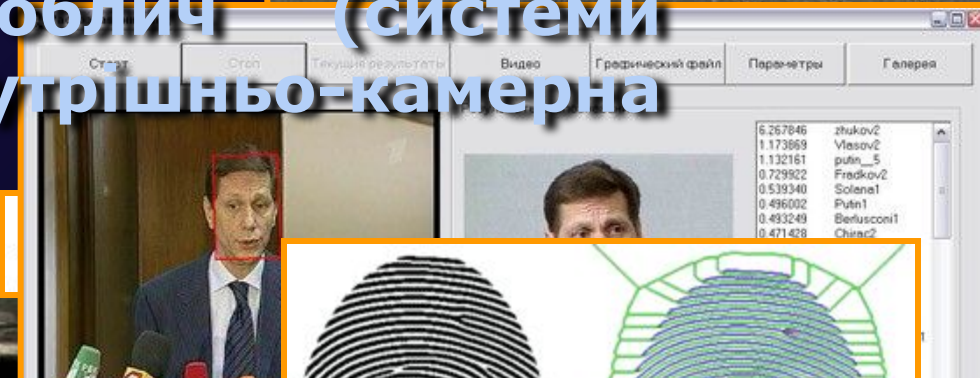
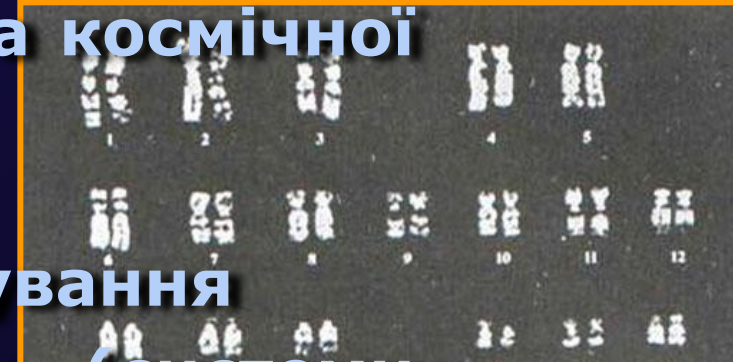
Потреби використання розпізнавання образів



Потреби використання розпізнавання образів

Приклади використання:

- Введення друкованого тексту
- Введення рукописного тексту
- Аналіз зображень аеро- та космічної фотографії
- Комп'ютерний зір
- Медичні та наукові застосування
- Розпізнавання облич (системи спостереження і внутрішньо-камерна обробка)
- Автентифікація



Загальні принципи розпізнавання



Загальні принципи розпізнавання

Приклад виявлення руху



Загальні принципи розпізнавання

Співставлення з еталоном

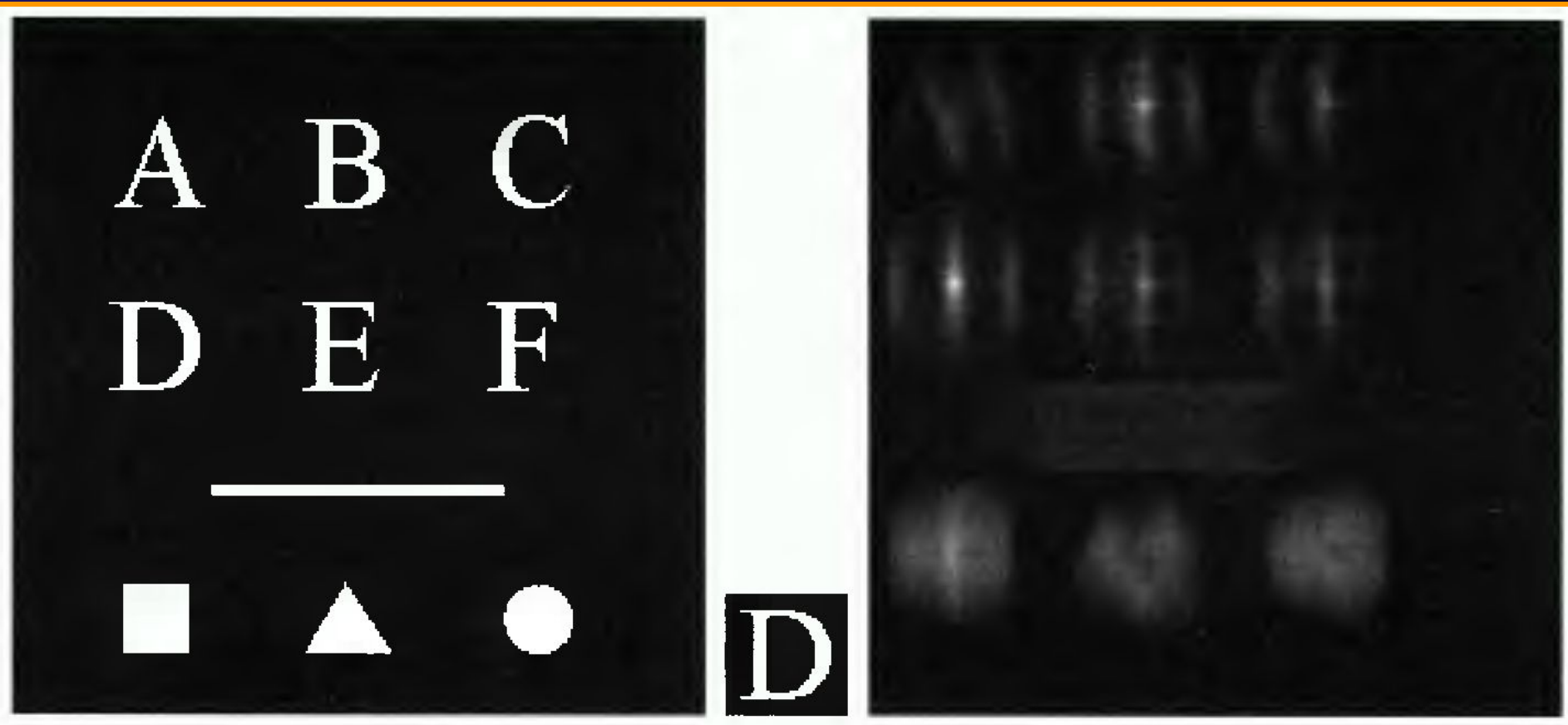


Рис. 12.9. (а) Изображение. (б) Эталон. (в) Коэффициент корреляции между (а) и (б). Заметим, что максимальная (самая яркая) точка массива (в) находится в позиции, где область (б) совпадает с буквой «D» на изображении (а).

Загальні принципи розпізнавання

Необхідність використання простору ознак

- Зменшення ресурсоемності подальшого аналізу
- Поліморфізм об'єктів



Загальні принципи розпізнавання

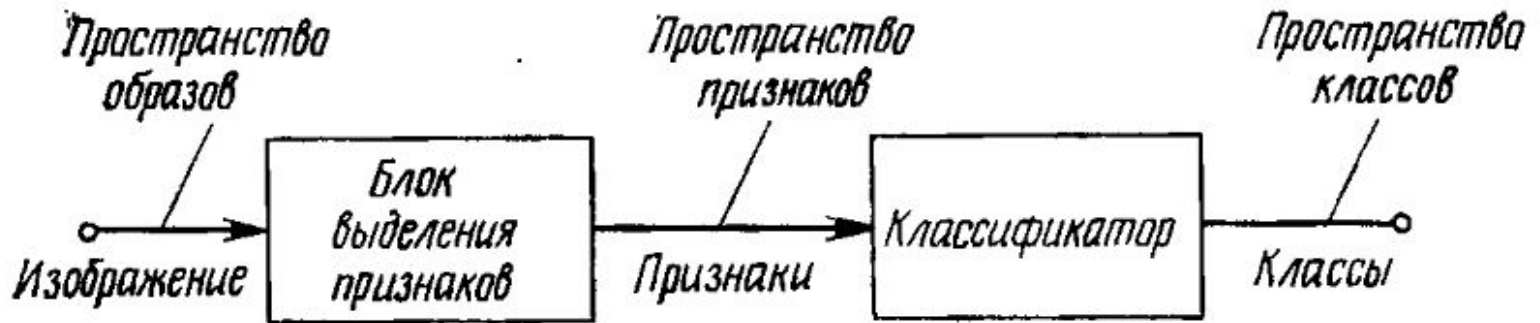


Рис. 20.1.1. Блок-схема

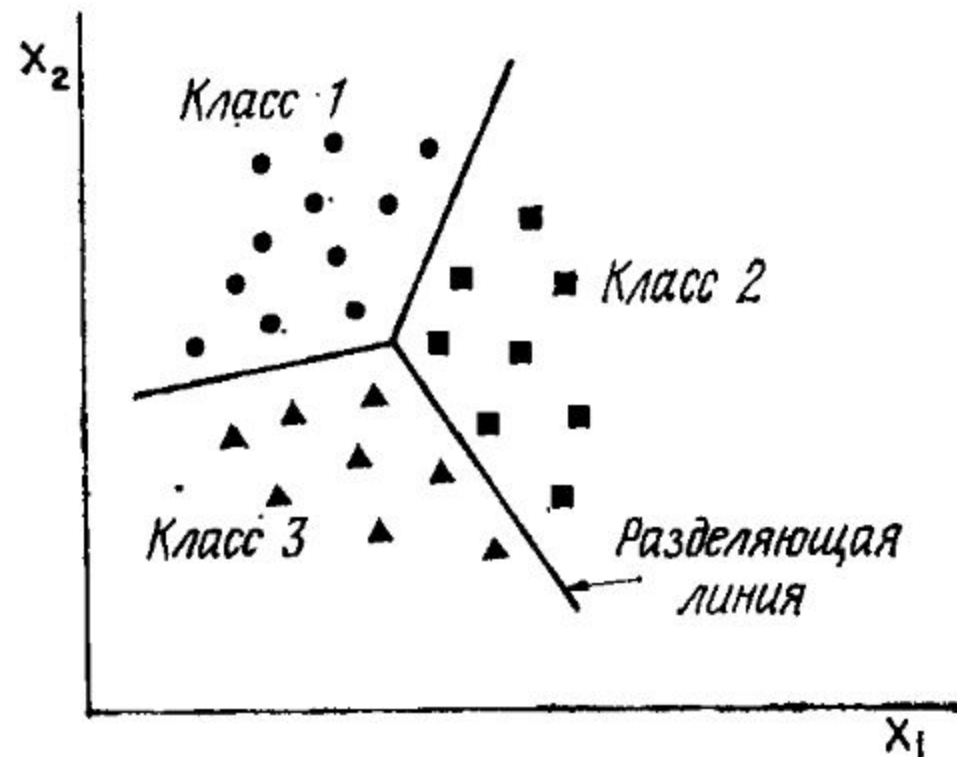


Рис. 20.1.2. Пример классификации обучающей выборки по двум признакам.

Виділення ознак



Основні етапи

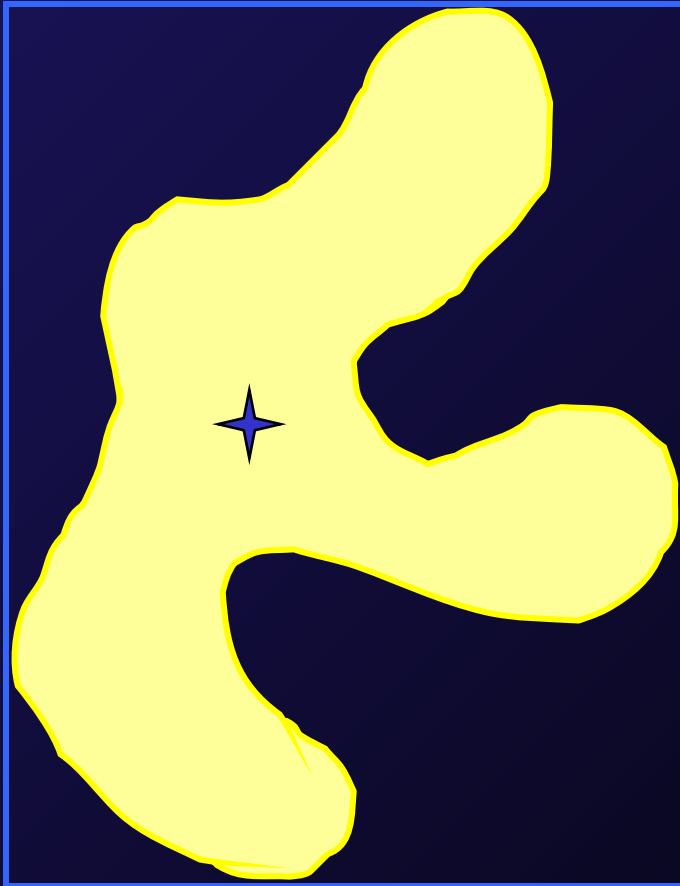
- Препарування
- Виділення границь об'єктів (сегментація)
- Виділення ознак
- Аналіз ознак та їх зв'язків

Типи ознак

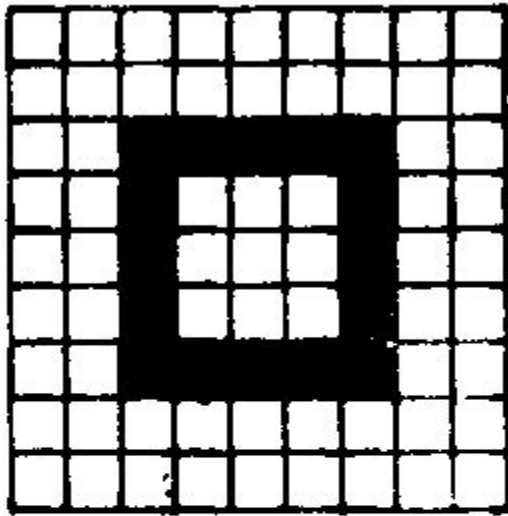
- Метричні
 - Топологічні
 - Аналітичні
 - Текстурні
- } Форма

Виділення ознак (метричні)

Набір параметрів, що характеризують розміри об'єкту

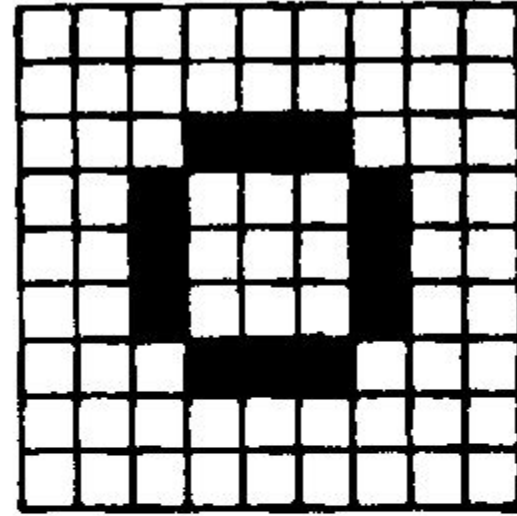


Зв'язність



Кольцо

а



Неоднозначная фигура

б

Рис. 18.1.1. К определению связности.
а — кольцо; б — неоднозначная фигура.



Сегментація форми

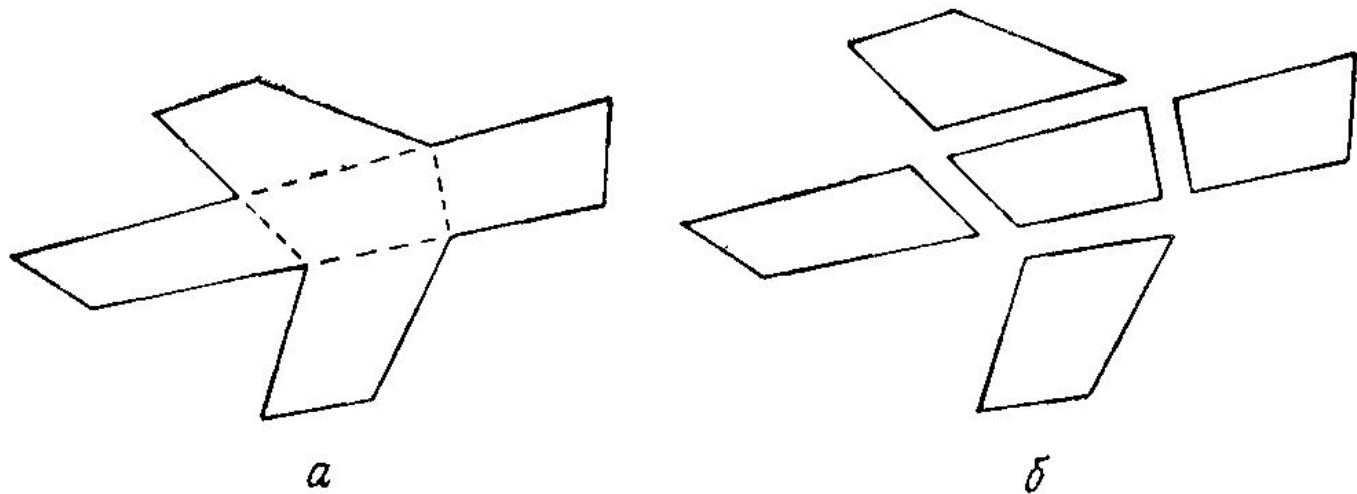
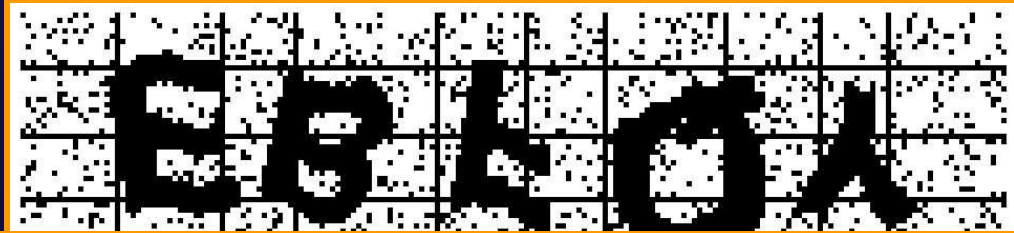
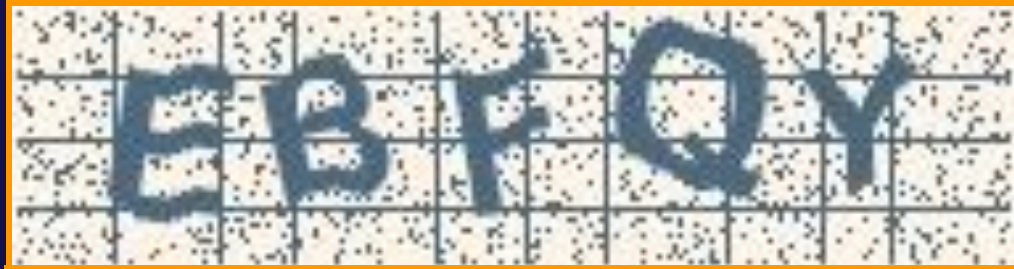
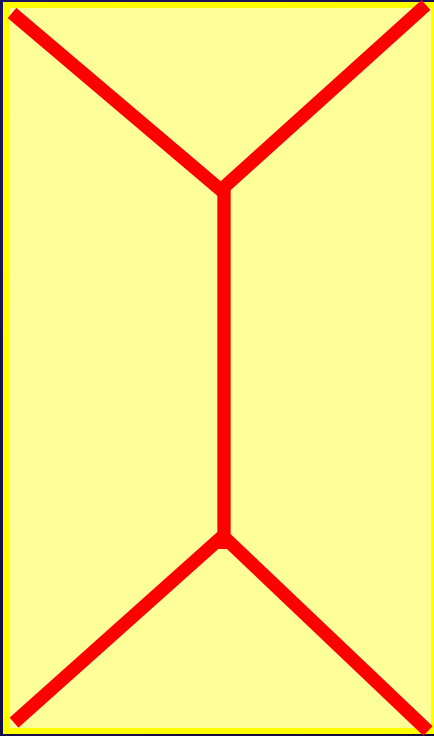


Рис. 18.8.1. Пример сегментации формы.

a — исходный объект; *б* — сегментированный объект.



Побудова остова



Топологічні параметри

- Топологічна еквівалентність
- Врахування зв'язності
- Модель "гумової стрічки"

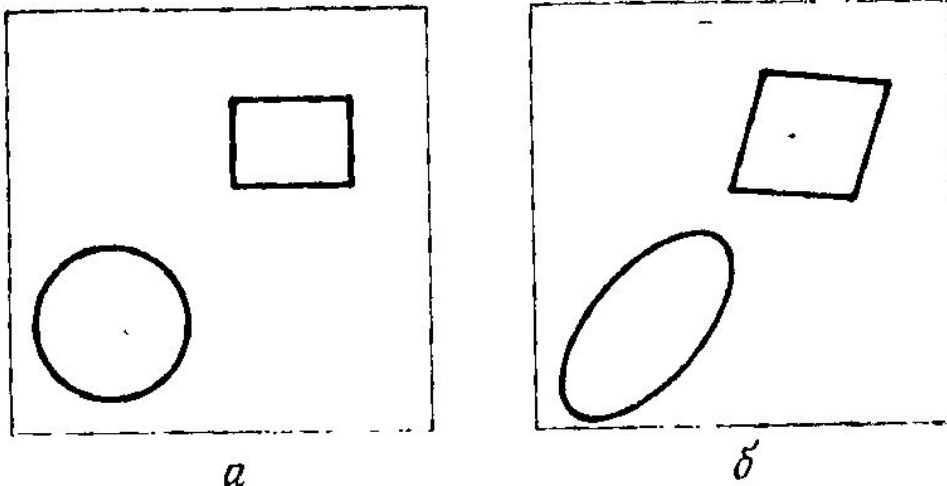
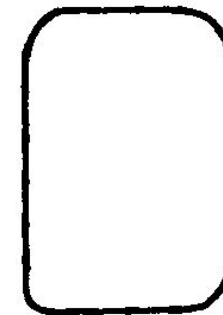


Рис. 18.4.1. Примеры топологических свойств.

a — объекты, $C = 2$; *b* — объекты на резновом листе, объекты с дырами, $C = 2$, $H = 3$, $E = -1$.



a



b



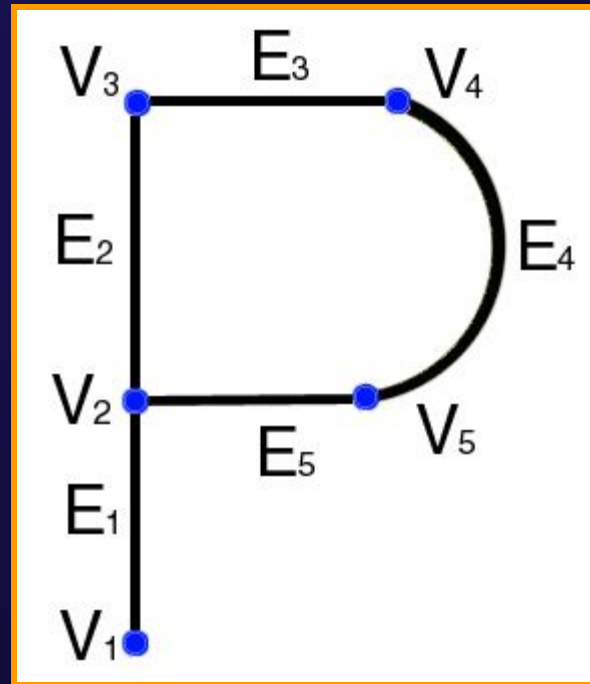
Рис. 18.4.2. Средства описания выпуклой формы.

a — фигура; *b* — выпуклая оболочка, заливы и озера.



Виділення ознак (аналітичні)

Опис елементів об'єкта аналітичними залежностями



Основні ознаки

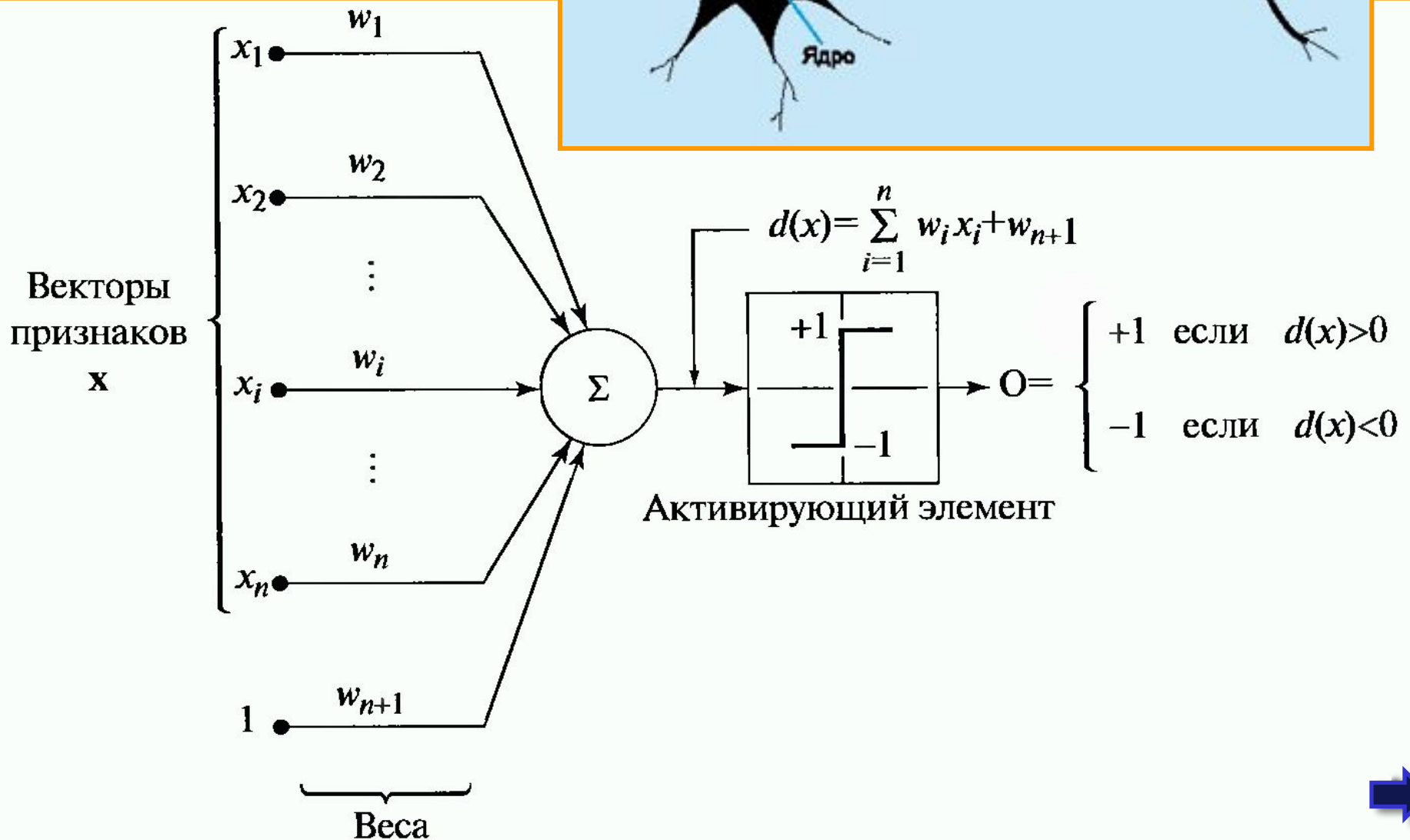
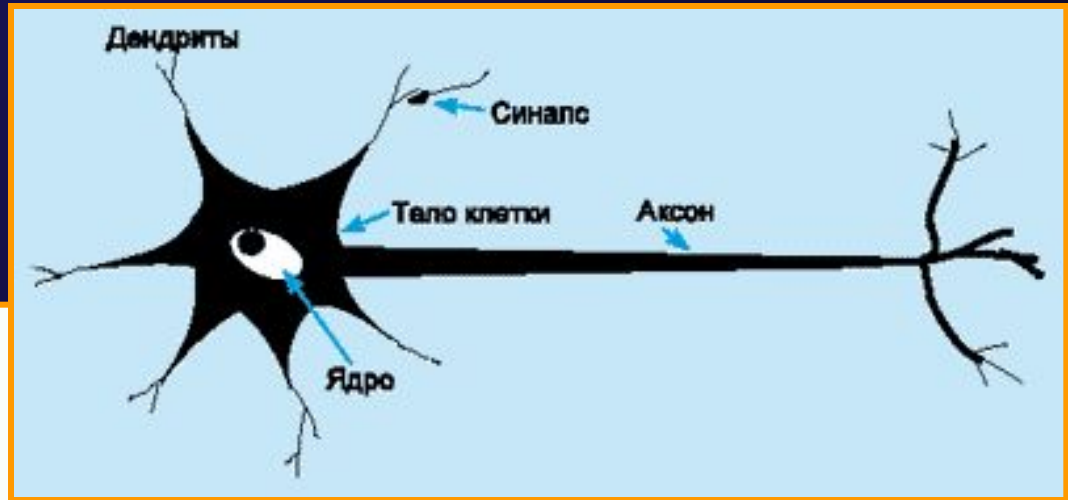
- Гістограмні (статистичні) ознаки текстури
- Кількість перепадів яскравості в околі точки
- Особливості просторового спектру



Використання нейронних мереж



Використання нейронних мереж



Використання нейронних мереж

