



Дизайн на 3D модели

Въведение.

Геометрична информация. Моделиране.

Визуализация.

доц. д-р Александър Пенев

Въведение

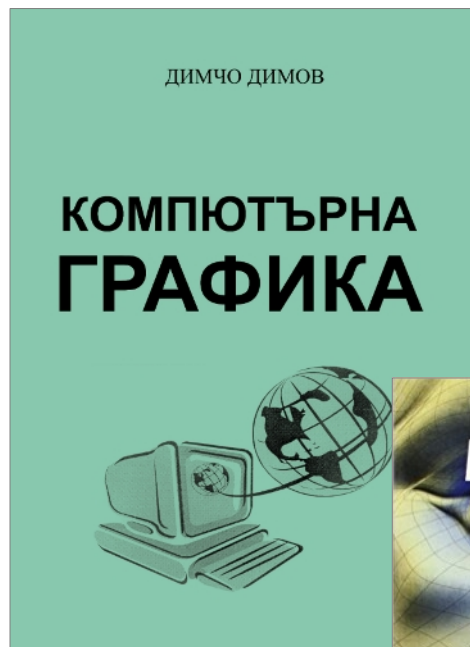
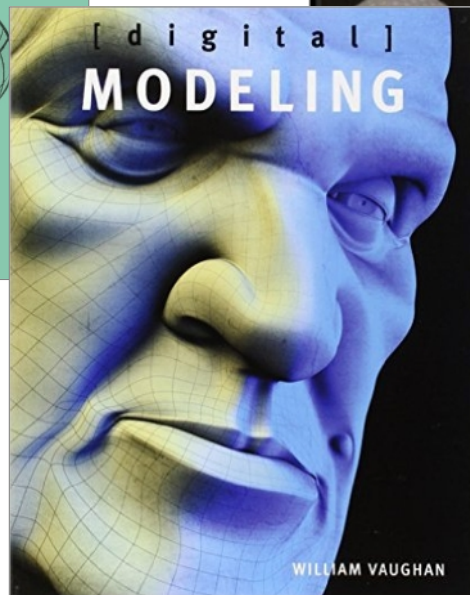
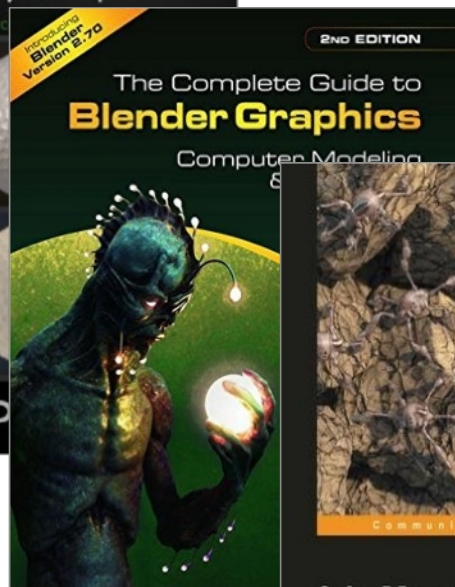
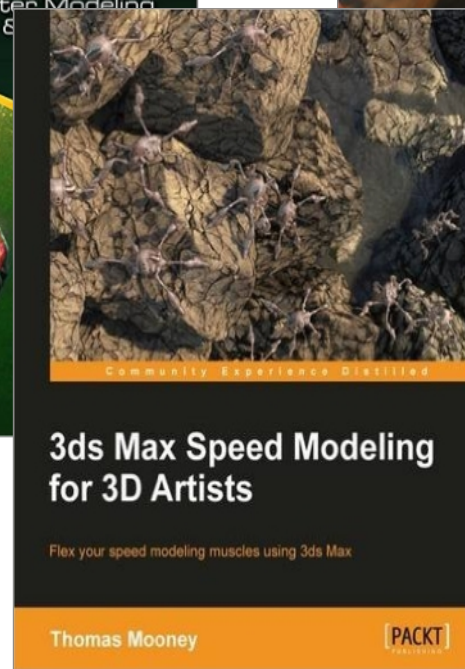


Разглеждани теми в курса

1. Основни на КГ. Геометрична информация. Моделиране. Визуализация
2. Графично/Геометрично моделиране в Компютърната графика. Представящи схеми. Еднозначни представящи схеми. Системи за геометрично моделиране
3. Програмни средства за 3D моделиране. Файлови формати
4. Основи на 3D моделирането – основни понятия и принципи при създаването на 3D модели
5. Граф на сцената
6. Геометрия. Видове представяния използвани в софтуерните системи за 3D моделиране – B-Rep, F-Rep, CSG, Cell decomposition, Sweeping и др.
7. Светлина, цвят, цветови модели
8. Модели на осветяване. Фотореалистични и нефотореалистични визуализации. Материали и Текстури. BRDF, BSDF, BSSRDF, SSS и др.
9. Анимирание на 3D модели. Скелетна анимация. Пози
10. Моделиране на специални 3D ефекти (системи от частици и др.)



Литература



Компютърна Графика



Много сложна и разнородна
научна област!

Използването на компютър, като
средство за представяне, синтез,
обработка и изобразяване на
Графична Информация.

Цели на КГ

- ❖ Как се представя **изображение** в компютърната система;
- ❖ Как изображението се подготвя за визуализация;
- ❖ Как изображението се **визуализира** на изходните устройства;
- ❖ Как се осъществява **взаимодействие** с изображението (**модела**).

Всяка **информация**, която може да бъде
представена чрез **изображение**
(образ, графика, рисунка, картина, икона)

$$G = (\{s\}, \{m\}, \{p\})$$

$$G = (\{s\}, \{m\}, \{p\})$$

- ❖ Множество от пространствени форми $\{s\}$;
- ❖ Метрическите характеристики $\{m\}$, определящи “размерите” на абстрактните обекти, имащи форми от $\{s\}$;
- ❖ Параметри $\{p\}$, задаващи местоположението и ориентацията на абстрактния обект в E^3 .

Примери

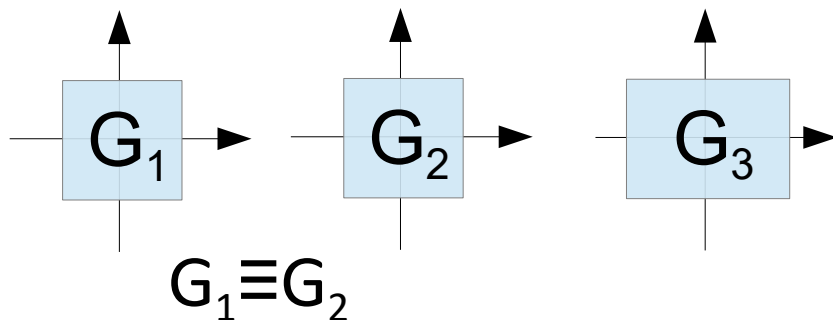
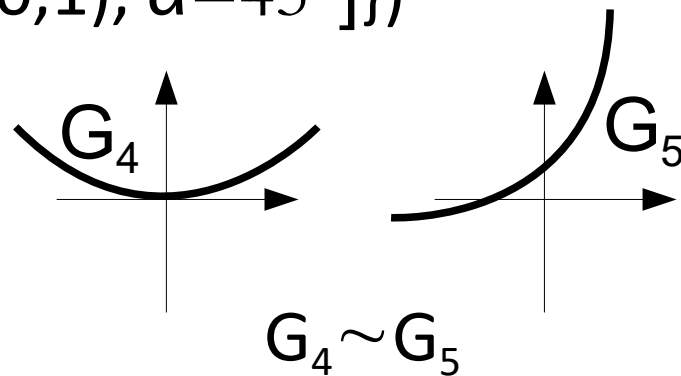
$$G_1 = (\{\text{квадрат}\}, \{a=5\}, \{[C=(0,0), \alpha=0^\circ]\})$$

$$G_2 = (\{\text{правоъгълник}\}, \{a=5, b=5\}, \{[C=(0,0), \alpha=0^\circ]\})$$

$$G_3 = (\{\text{правоъгълник}\}, \{a=6, b=5\}, \{[C=(0,0), \alpha=0^\circ]\})$$

$$G_4 = (\{y=a*x^2\}, \{a=1/3\}, \{[C=(0,0), \alpha=0^\circ]\})$$

$$G_5 = (\{y=a*x^2\}, \{a=1/3\}, \{[C=(0,1), \alpha=45^\circ]\})$$



Видове

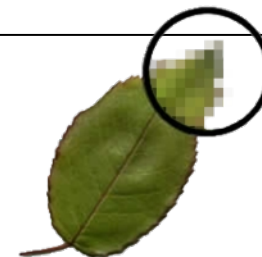
Графична информация (2D);



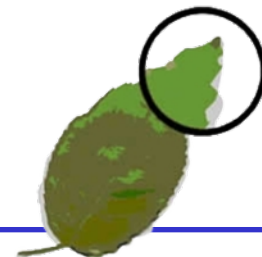
Геометрична информация (3D).



Растрна;



Векторна.

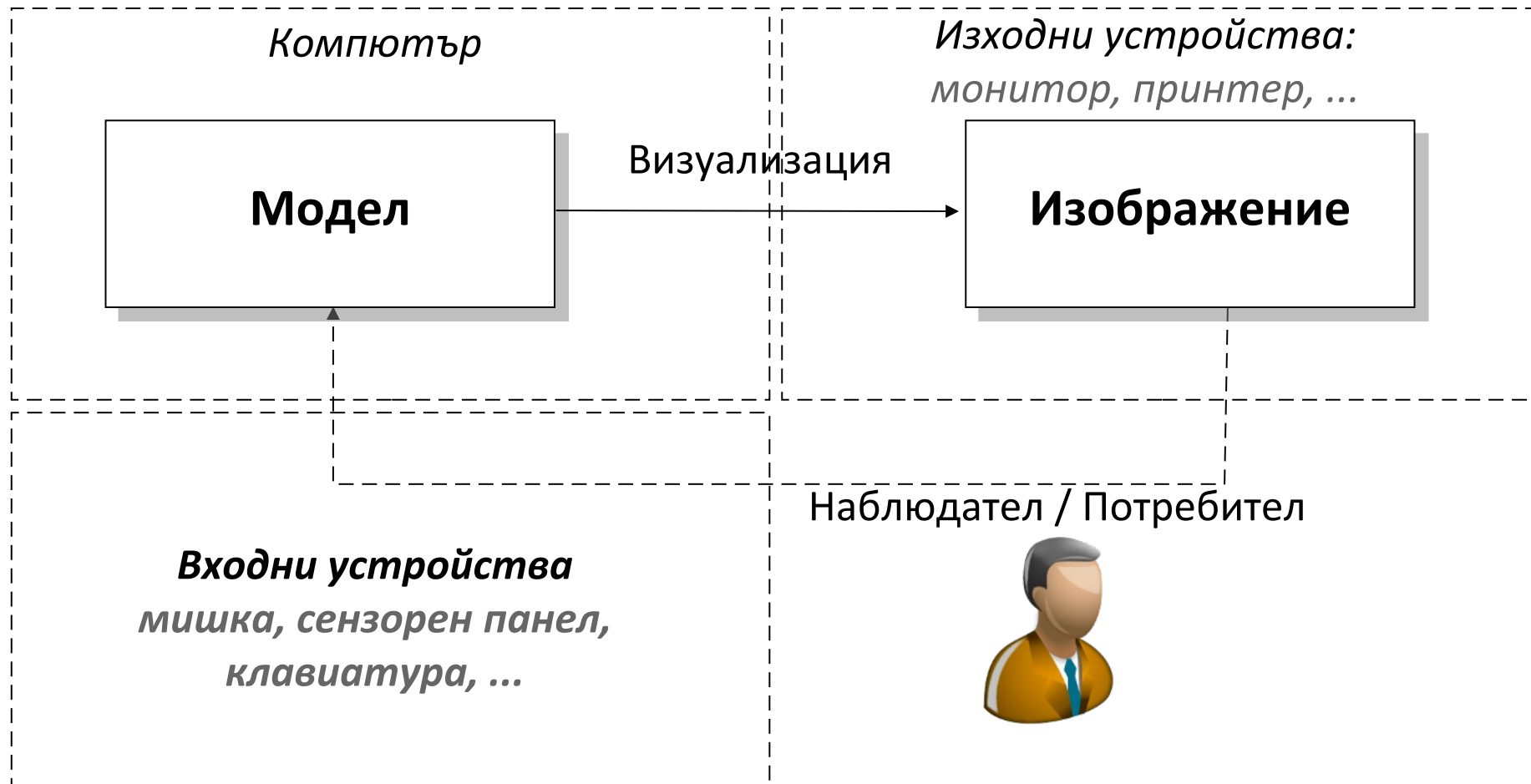


Изображение

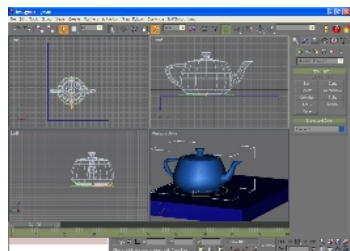
Изображението е рисунка, която се получава в резултат на работата на някакво изходно периферно изходно устройство.

В КГ **изображението е модел**, отразяващ най-общите свойства на рисунките, които могат да се получат чрез периферните изходни устройства на компютъра.

Обща схема на работа



Пример



```
11 110 01  
0 1001110  
1100 001  
1 111 00  
00 0001 1  
11 1 1001
```

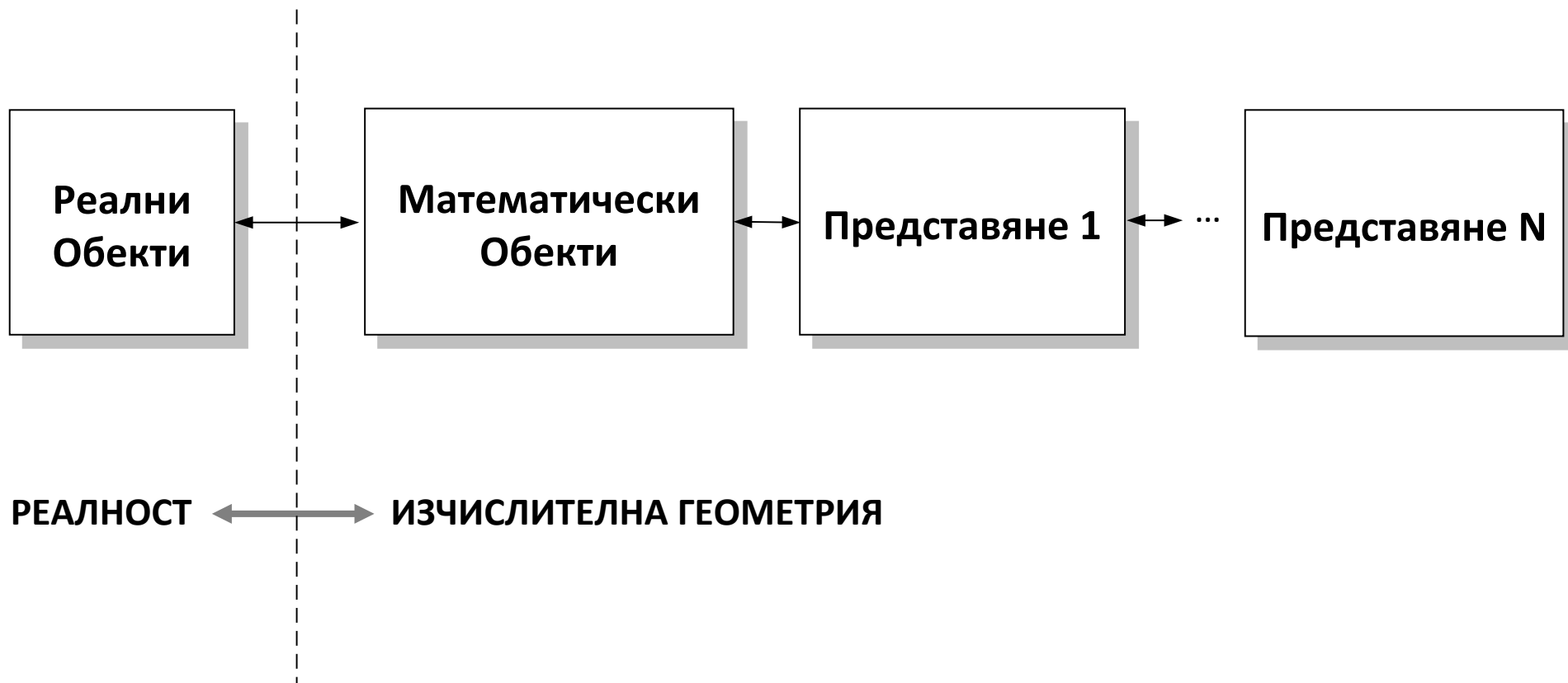


```
start page  
color blue  
move 10,10  
line 20,90  
show page
```

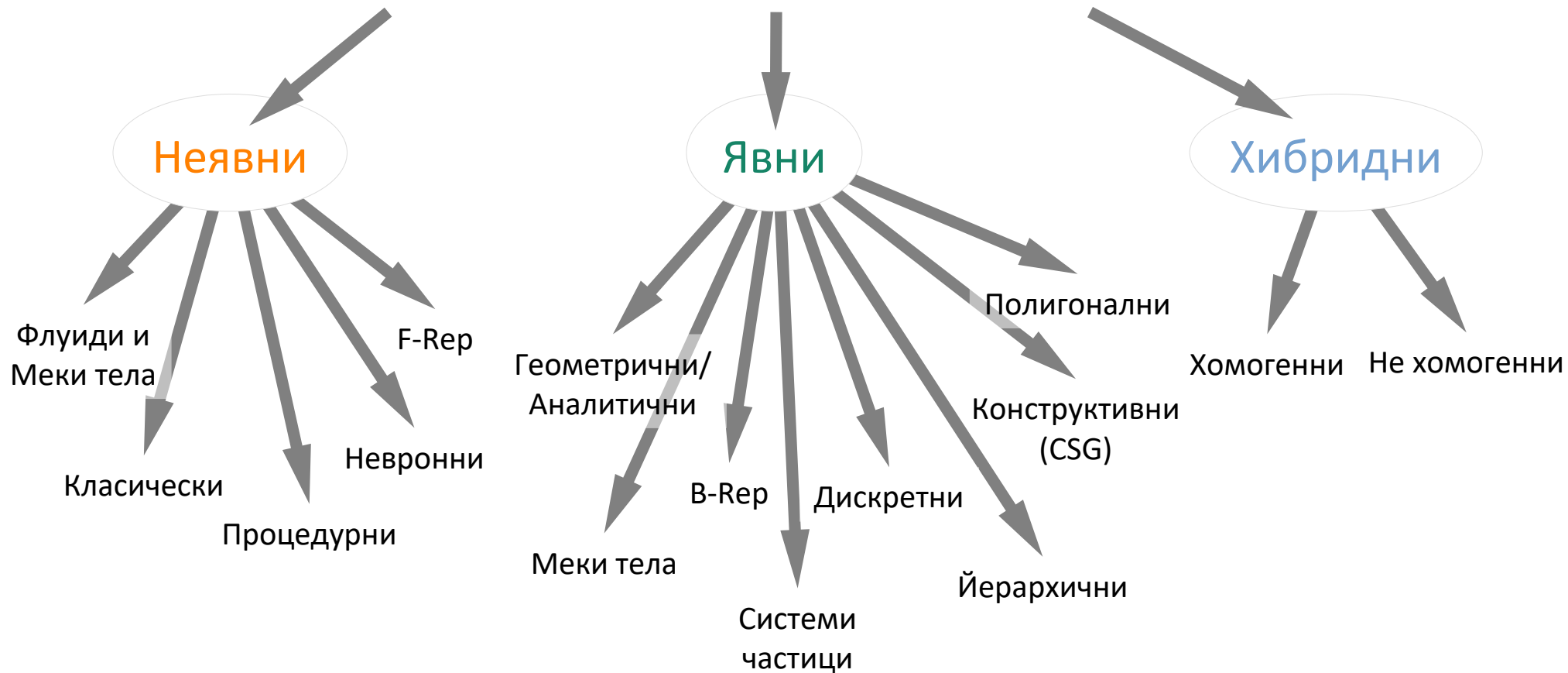


Модели. Моделиране. Представящи схеми.

Моделиране в КГ – Йерархия от Представяния

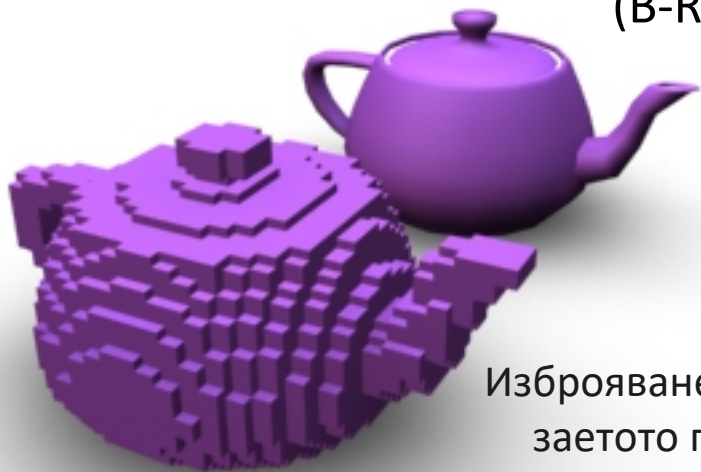


Класификация на представящите схеми в КГ

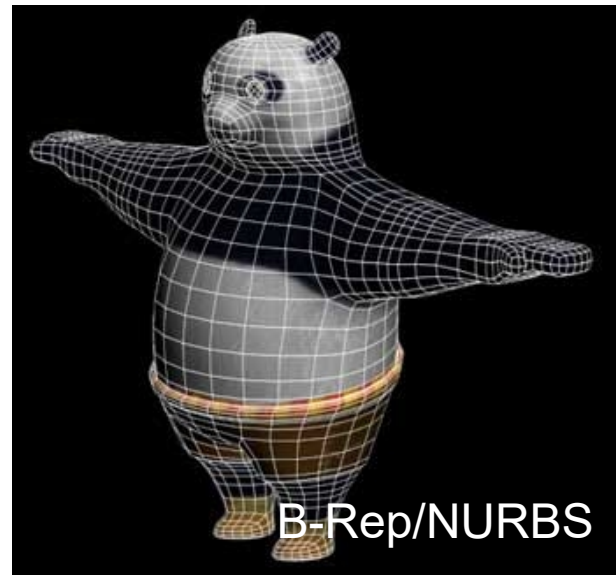
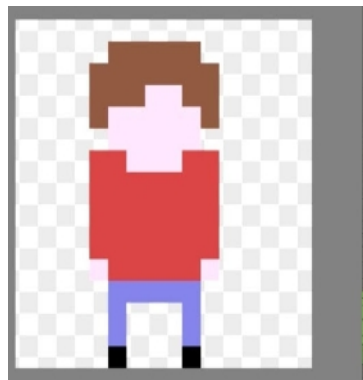
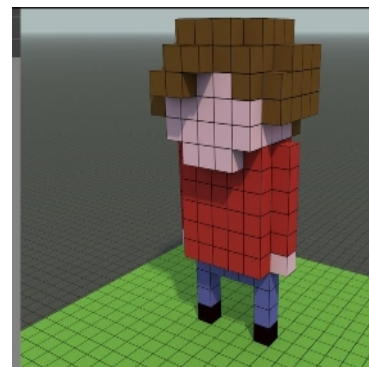


Представящи схеми в КГ

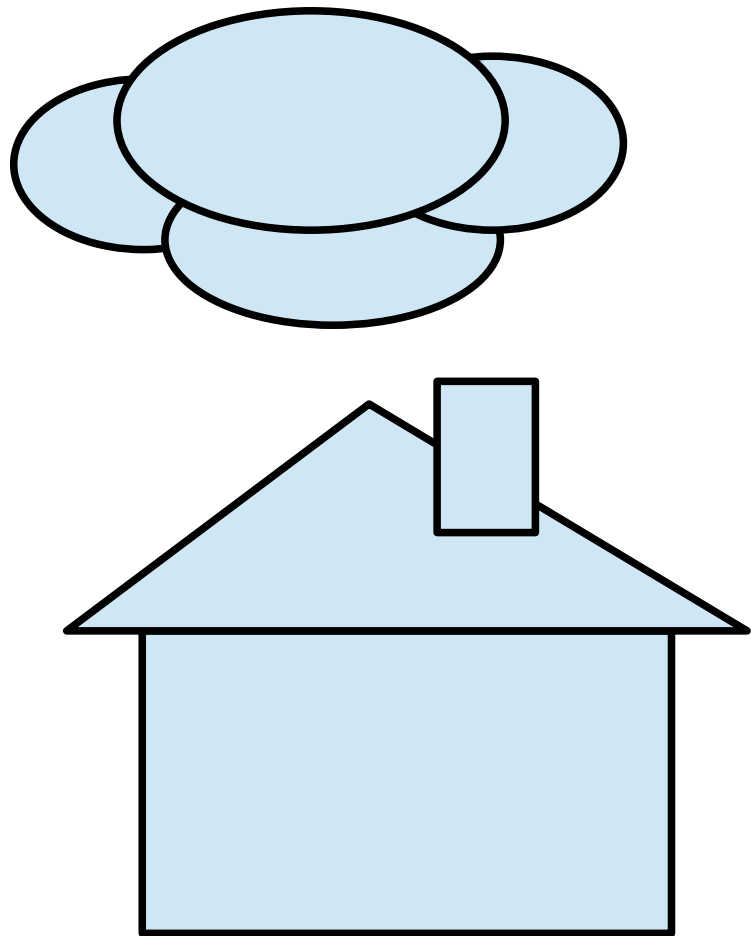
Гранично представяне
(B-Rep)



Изброяване на
заетото п-во
(Spatial Occurancy)



Представящи схеми в КГ



Елипса (1.00, 3.00, 4.44, 5.26)

Елипса (3.00, 4.00, 7.44, 6.26)

Елипса (5.60, 2.70, 9.00, 5.00)

Елипса (2.37, 2.10, 7.50, 5.00)

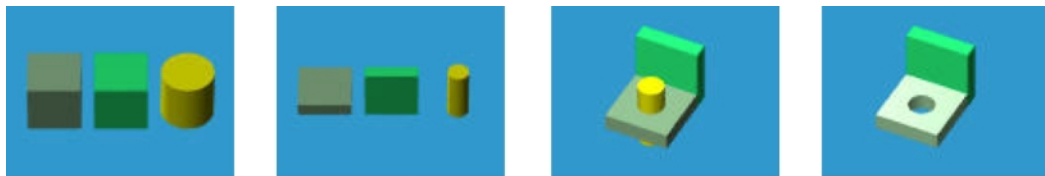
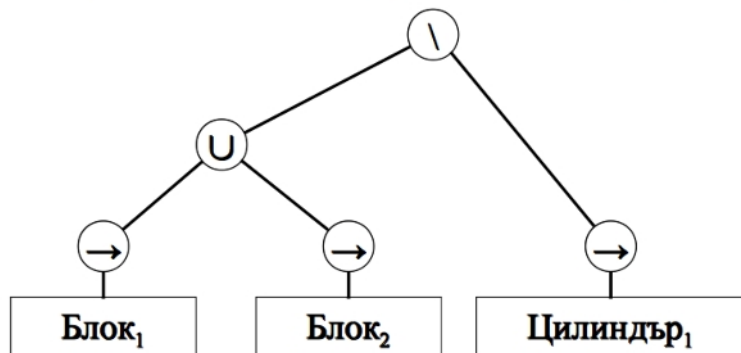
Правоъгълник (2.70, 10.30, 9.70, 14.30)

Триъгълник (6.20, 7.30, 1.70, 10.30,
10.70, 10.30)

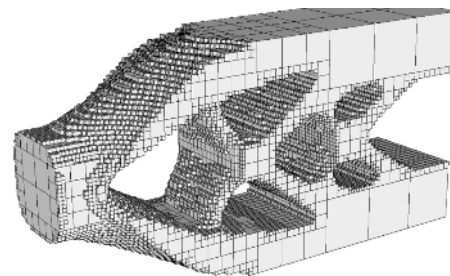
Правоъгълник (6.60, 7.00, 7.90, 9.00)

Екземпляри на чисти примитиви
(Parameterized primitive instancing)

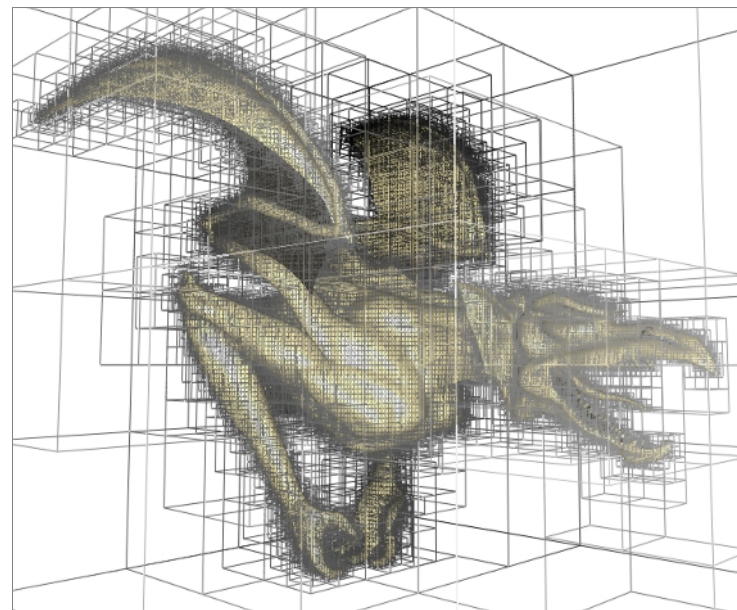
Представящи схеми в КГ



Конструктивна геометрия
(CSG)

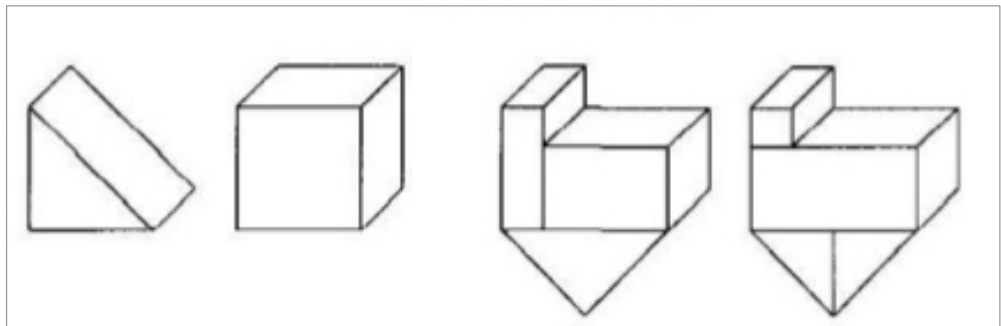
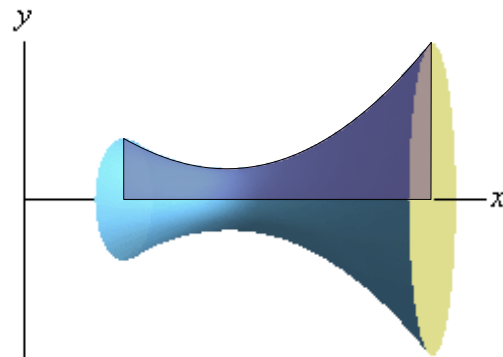
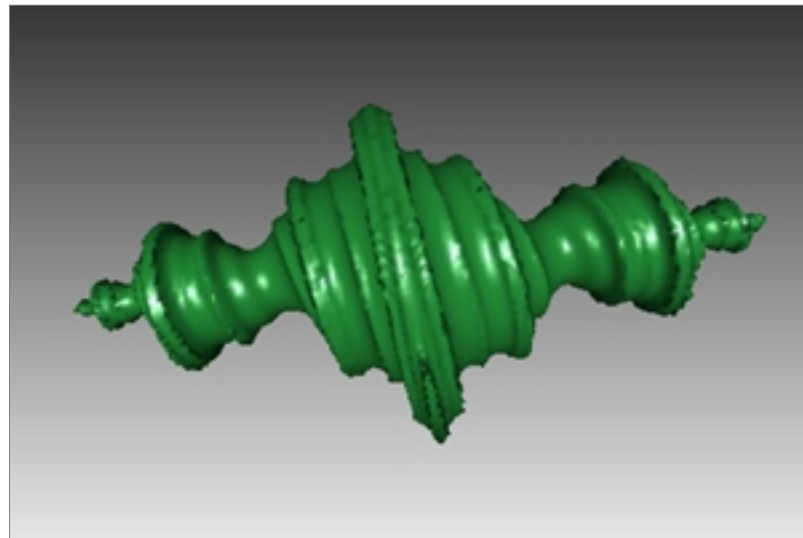


Осмично дърво
(Octree)



Представящи схеми в КГ

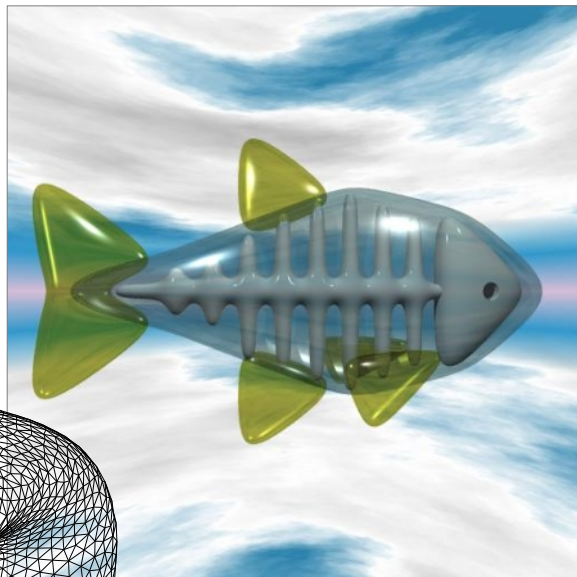
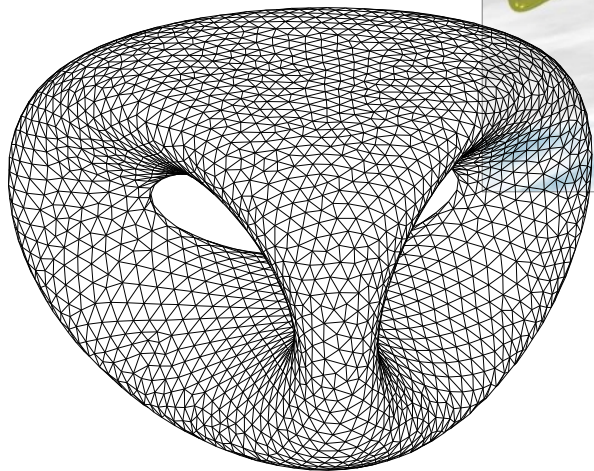
Разбиване на клетки
(Cell Decomposition)



Заминане
(Sweeping)

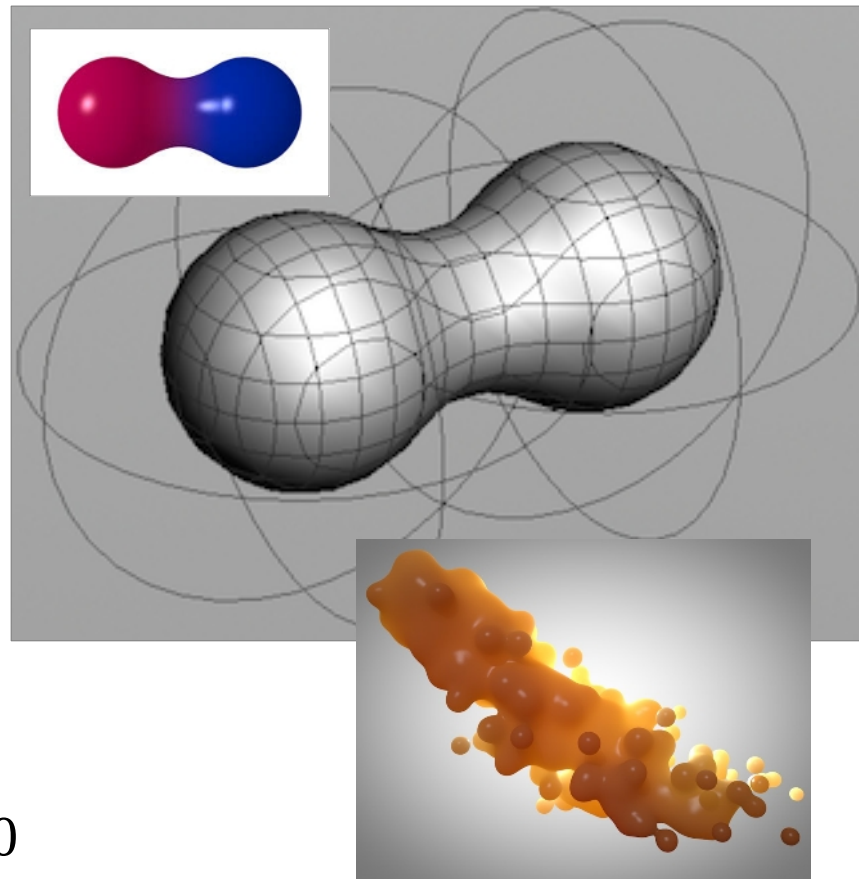
Представящи схеми в КГ

Функционално
Представяне
(F-Rep)



$$2y(y^2 - 3x^2)(1 - z^2) + (x^2 + y^2)^2 - (9z^2 - 1)(1 - z^2) = 0$$

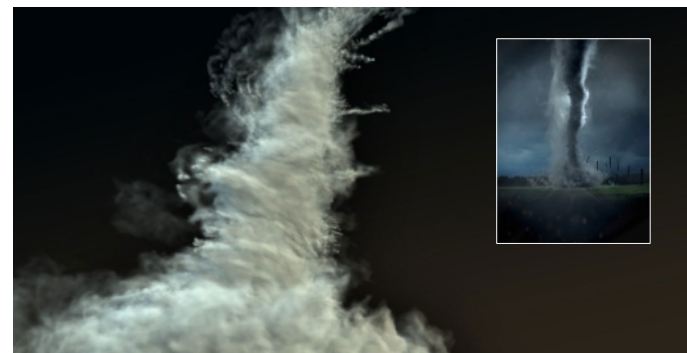
Мета топчета
(Metaballs)



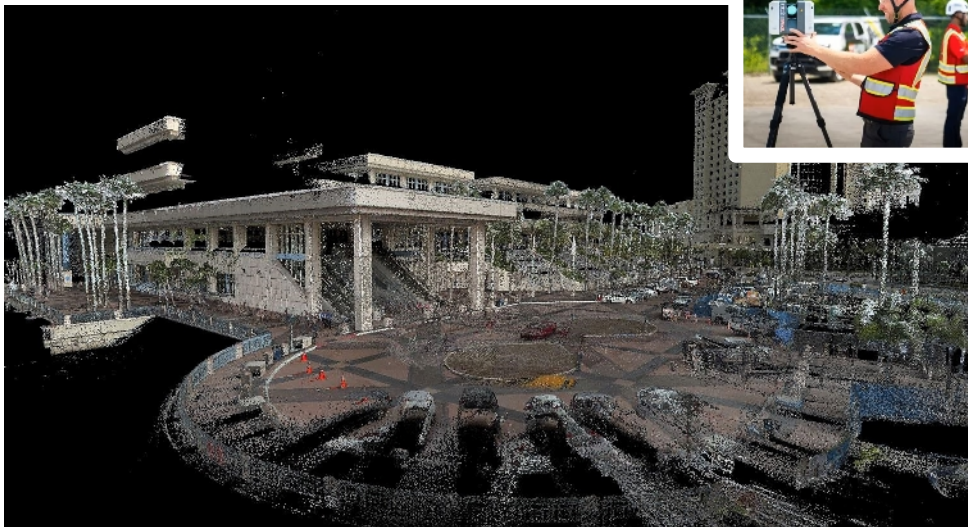
Представящи схеми в КГ



Системи Частици
(Particle Systems)



Представящи схеми в КГ

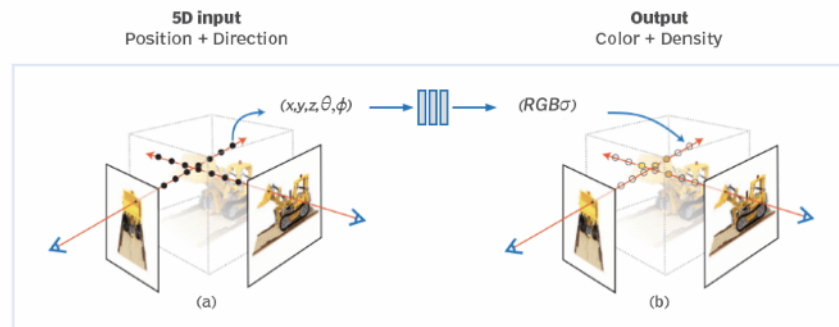


Облаци от точки
(Point Clouds, PCL)

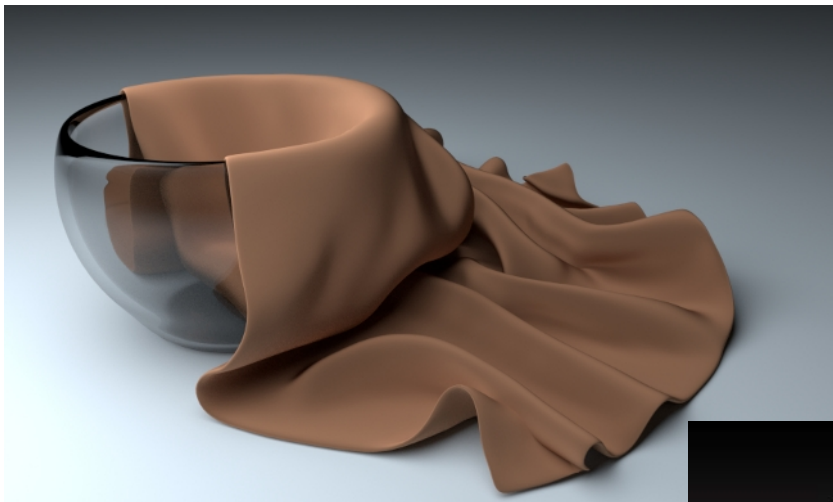
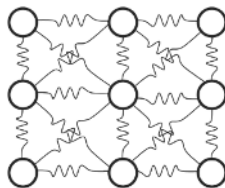
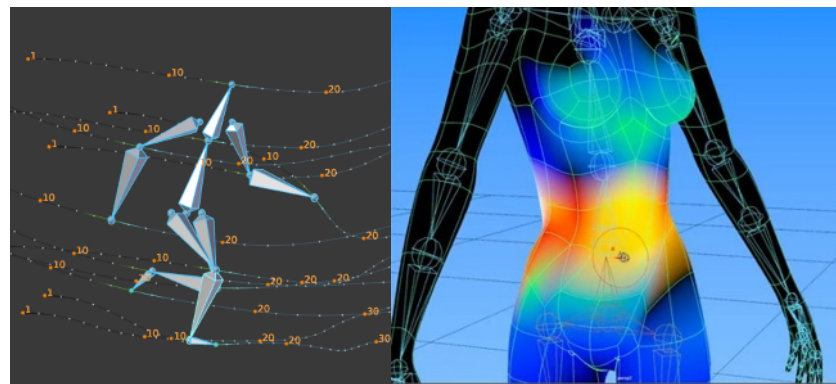
Невронни мрежи
(NeRF, DeepSDF, ...)



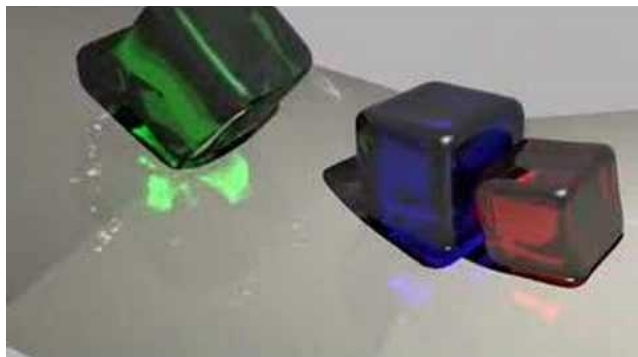
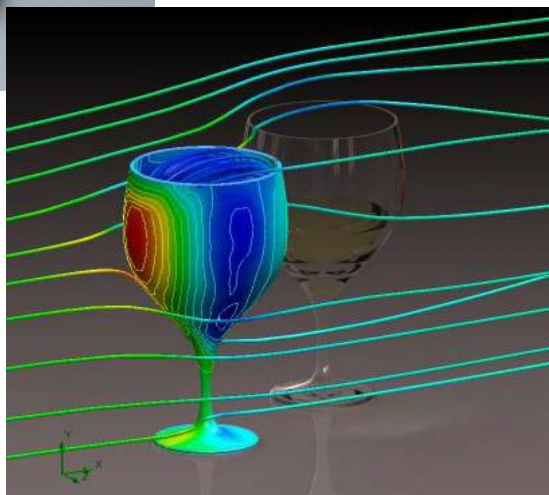
Neural radiance field scene representation



Представящи схеми в КГ



Йерархични
(Armature,
Scene graph, ...)



Флуиди и Меки тела
(Soft body, ...)



Визуализация



Построяване на изображение съответстващо на модел.

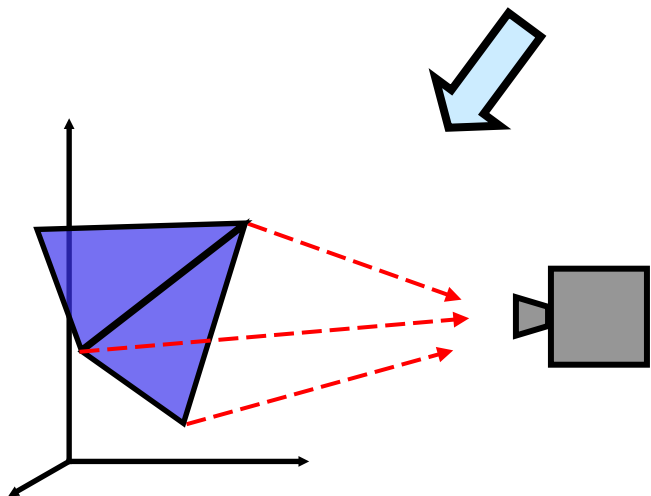
Операция по преобразуване на представяне на двумерни/тримерни обекти в графично изображение.

Класификация

- ❖ Алгоритми работещи в обектното пространство;
 - ❖ Алгоритми работещи в екранното пространство;
 - ❖ Алгоритми работещи в екранното и в обектното пространство.
-
- ❖ Отстраняване на невидимите линии и повърхности;
 - ❖ Построяване на реалистични изображения.

Алгоритми за визуализация

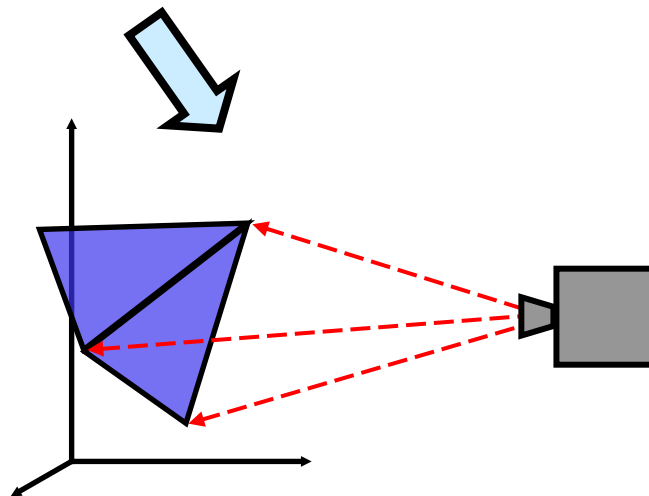
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ



В обектното п-во:

От сцената напред към
камерата/наблюдателя.

(Пример: Z-буфер)

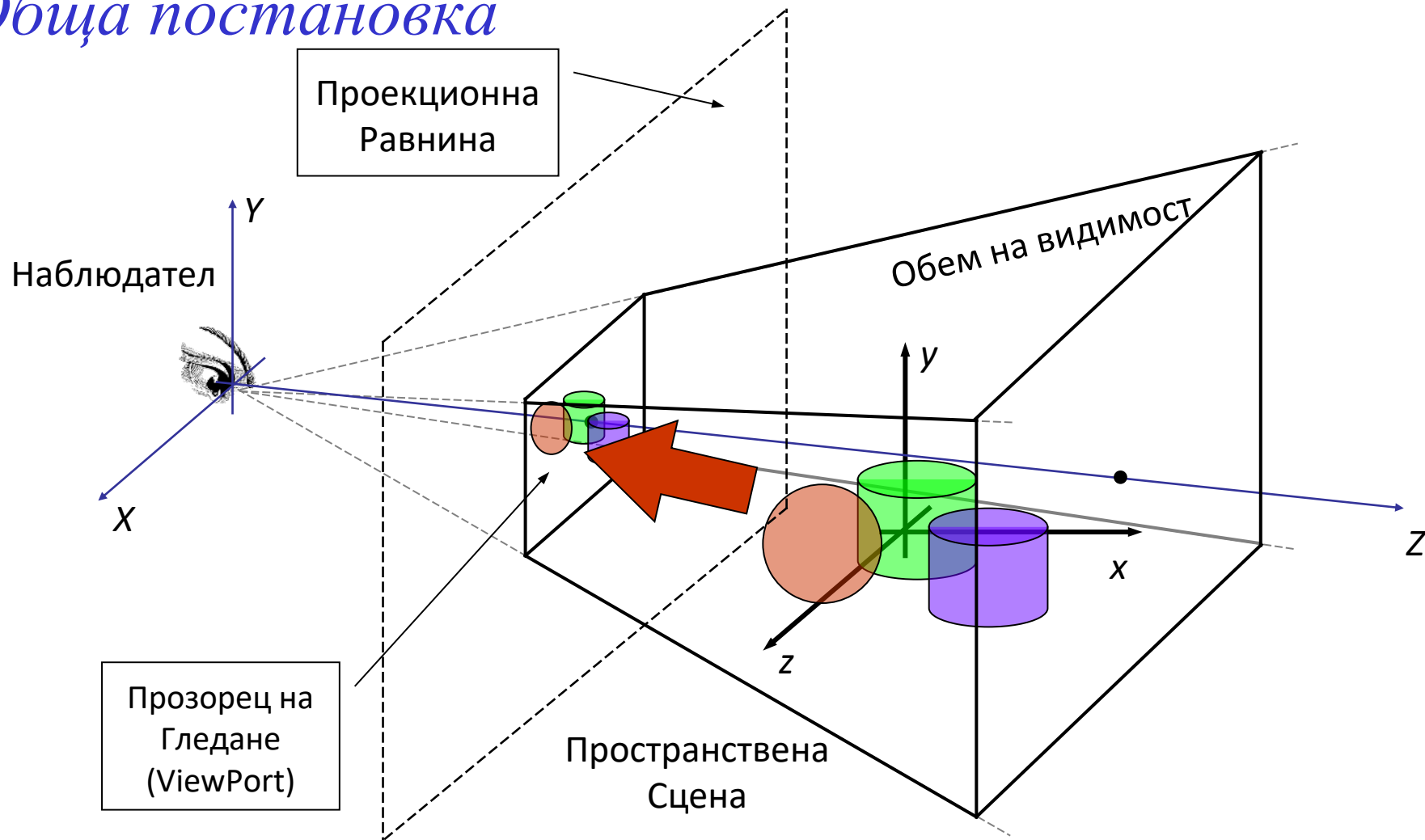


В екранното п-во:

От камерата назад към
сцената/геометрията.

(Пример: Ray tracing)

Обща постановка



Алгоритми за Визуализация

- ❖ Ray Tracing;
- ❖ Z-Buffer;
- ❖ Radiosity;
- ❖ Scan Line;
- ❖ Алгоритъм на художника;
- ❖ Алгоритъм на Варнок;
- ❖ Алгоритъм на Робъртс;
- ❖ Алгоритъм на плаващия хоризонт;
- ❖ и др.

Алгоритъм на плаващия хоризонт



Алгоритъм на плаващия хоризонт

Алгоритъмът на плаващият хоризонт се използва най-често за отстраняването на невидимите линии при тримерно представяне на функции, описващи повърхности във вида $F(x,y,z)=0$

Алгоритъм на плаващия хоризонт

Основната идея е да се визуализират последователно сечения на функцията с различни равнини (например $z=\text{const}$), започвайки от най-близката до наблюдателя.

Алгоритъм на плаващия хоризонт

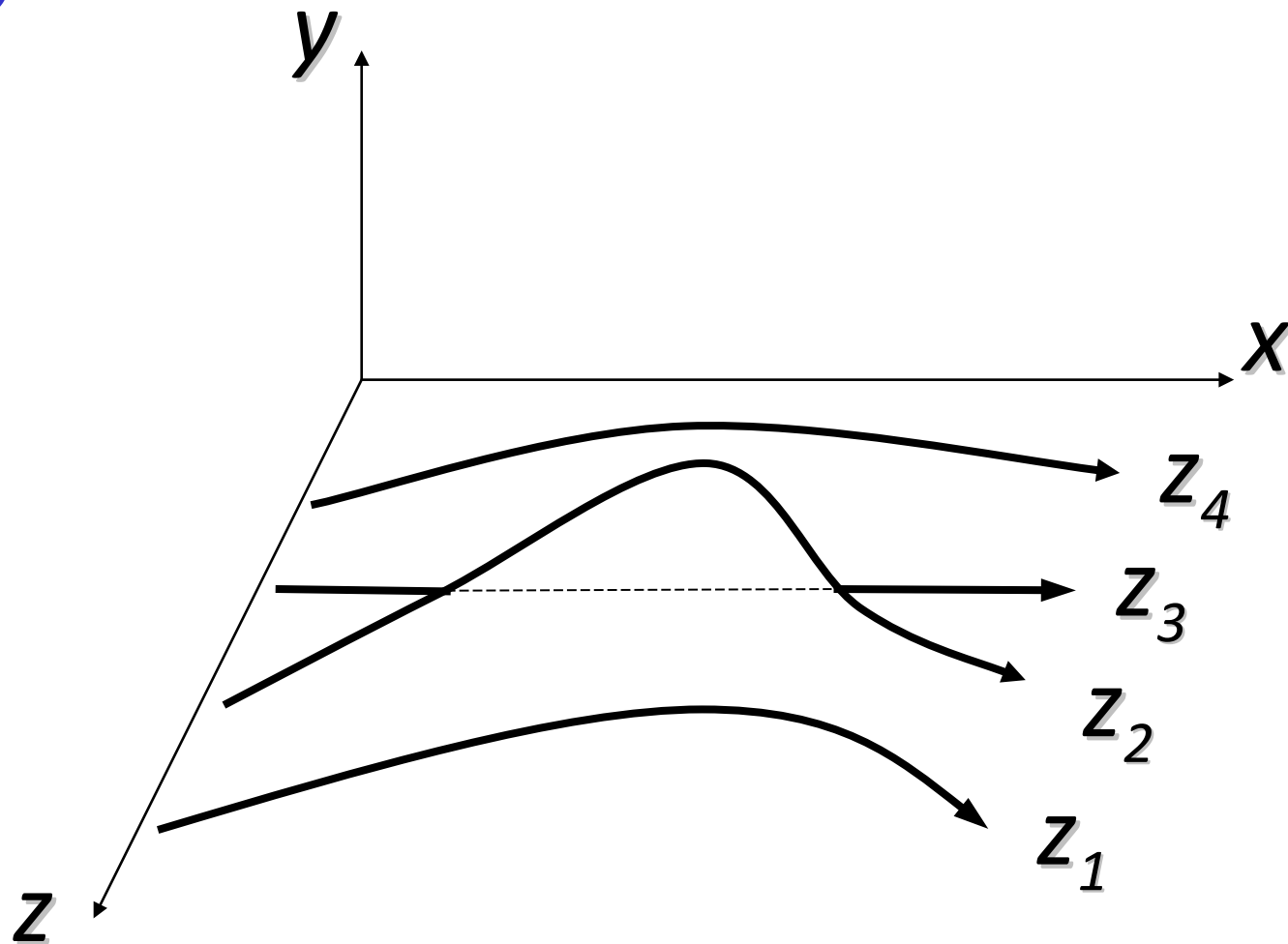
Всяко сечение е крива, която се визуализира по x , като се показват само тези точки, за които y не е по-малко от това на предишните сечения.

Алгоритъм на плаващия хоризонт

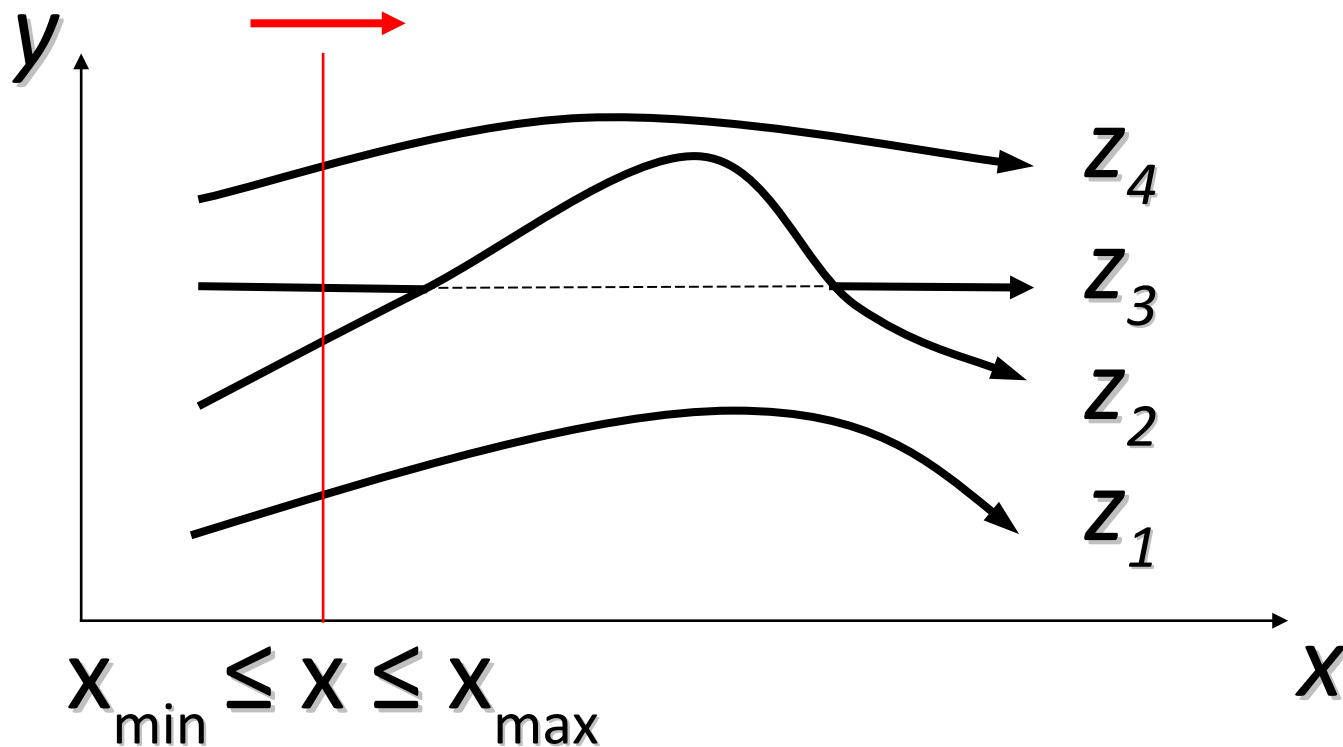
За целта се използва масив съхраняващ
максималните стойности на y за всяко x до
момента.

Това е така нареченият **хоризонт**.

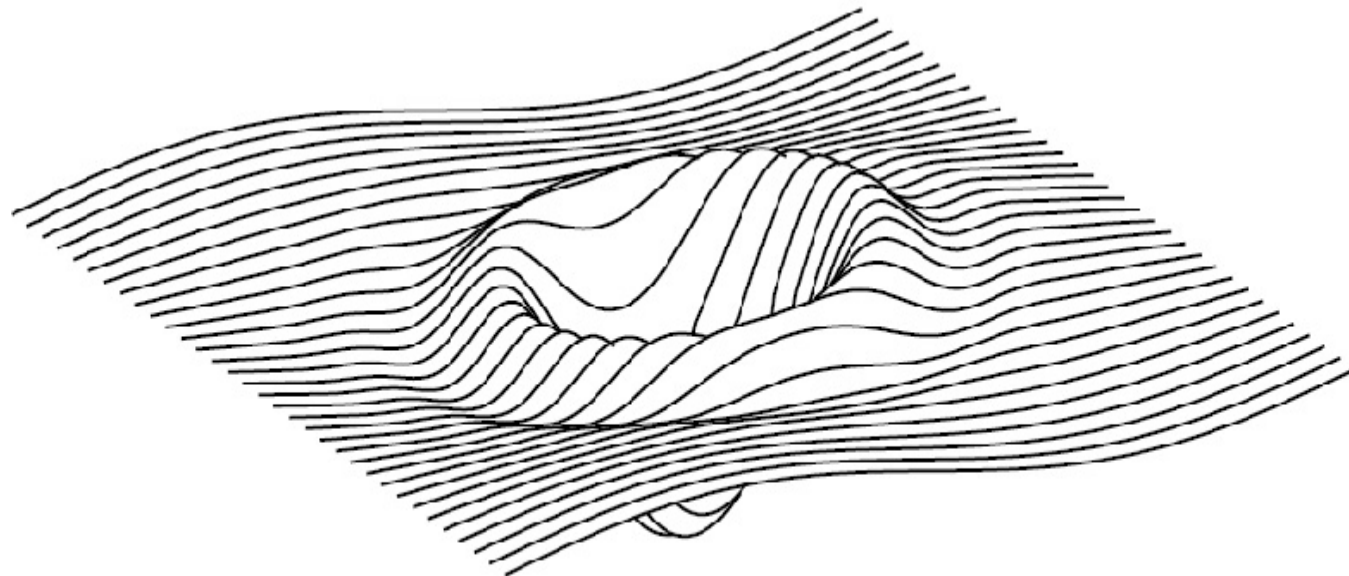
Пример



Пример



Пример 2



Алгоритъм на Робъртс



Алгоритъм на Робъртс

Основната идея е за тримерните тела (изпъкнали многостени, описани чрез стените си) да се пресметнат ъглите между посоката на гледане на наблюдателя и нормалните вектори на всички стени.

Това става чрез **скалярно** произведение на вектора на посоката на гледане и всеки от нормалните вектори на стените.



L. Roberts

Алгоритъм на Робъртс

Телата трябва да са изпъкнали. Нормалните вектори да сочат в посока “навън” от тялото.

Определят се кои стени не са видими.



Алгоритъм на Робъртс

Определят се кои стени не са видими в зависимост от ъглите. В зависимост от видимостта на стените ребрата може да се класифицират като:

- ❖ Видими;
- ❖ Контурни;
- ❖ Невидими.

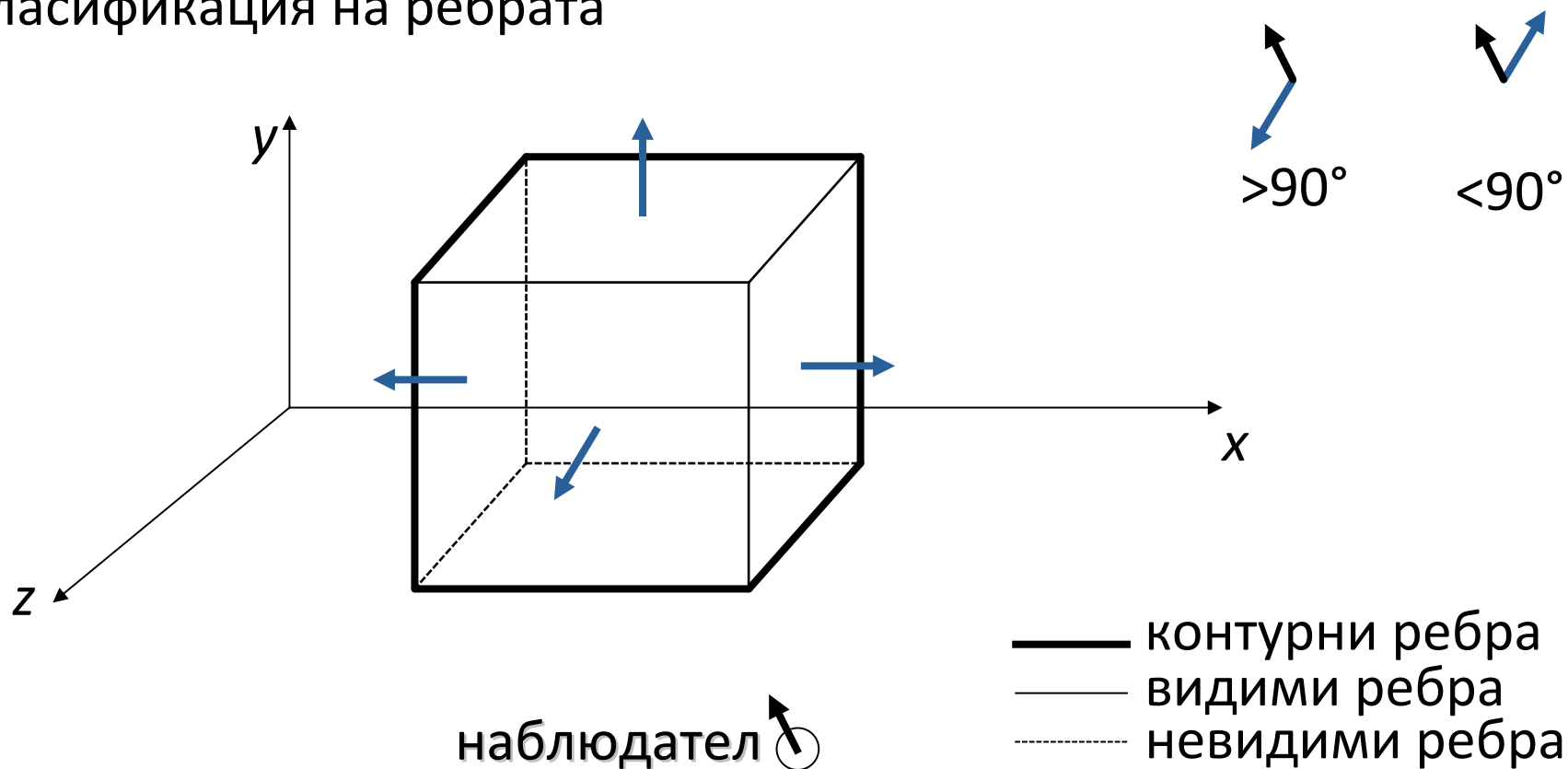
Алгоритъм на Робъртс

За всички видими се прави проверка за закриване от всички други тела и се определят видимите части.

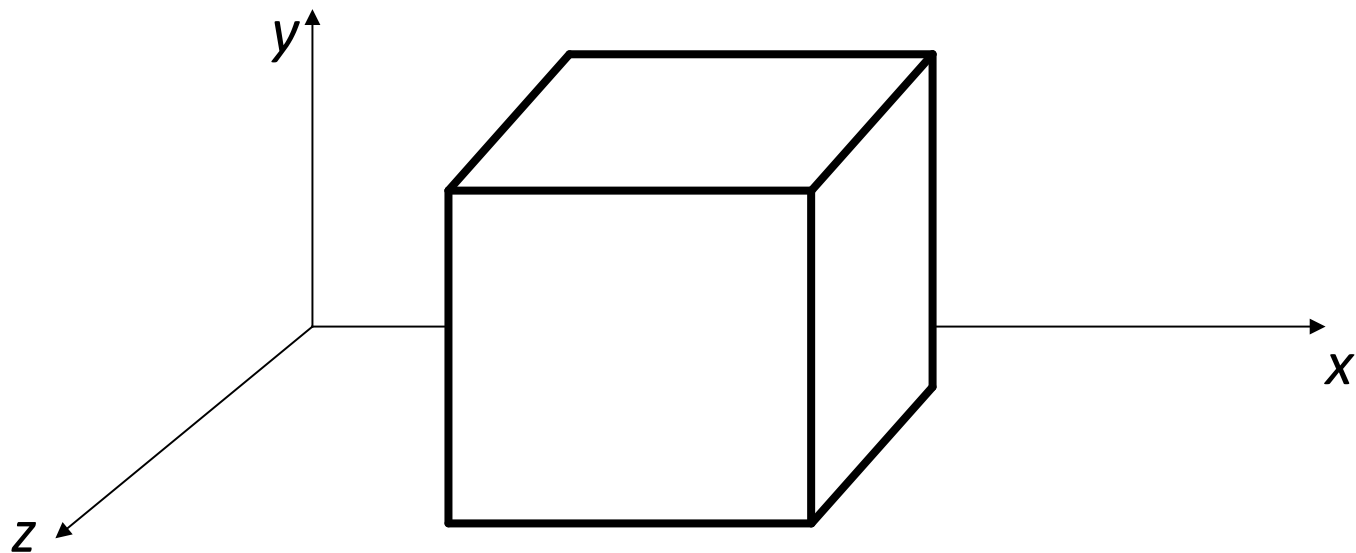
Визуализират се всички без невидимите.

Алгоритъм на Робъртс

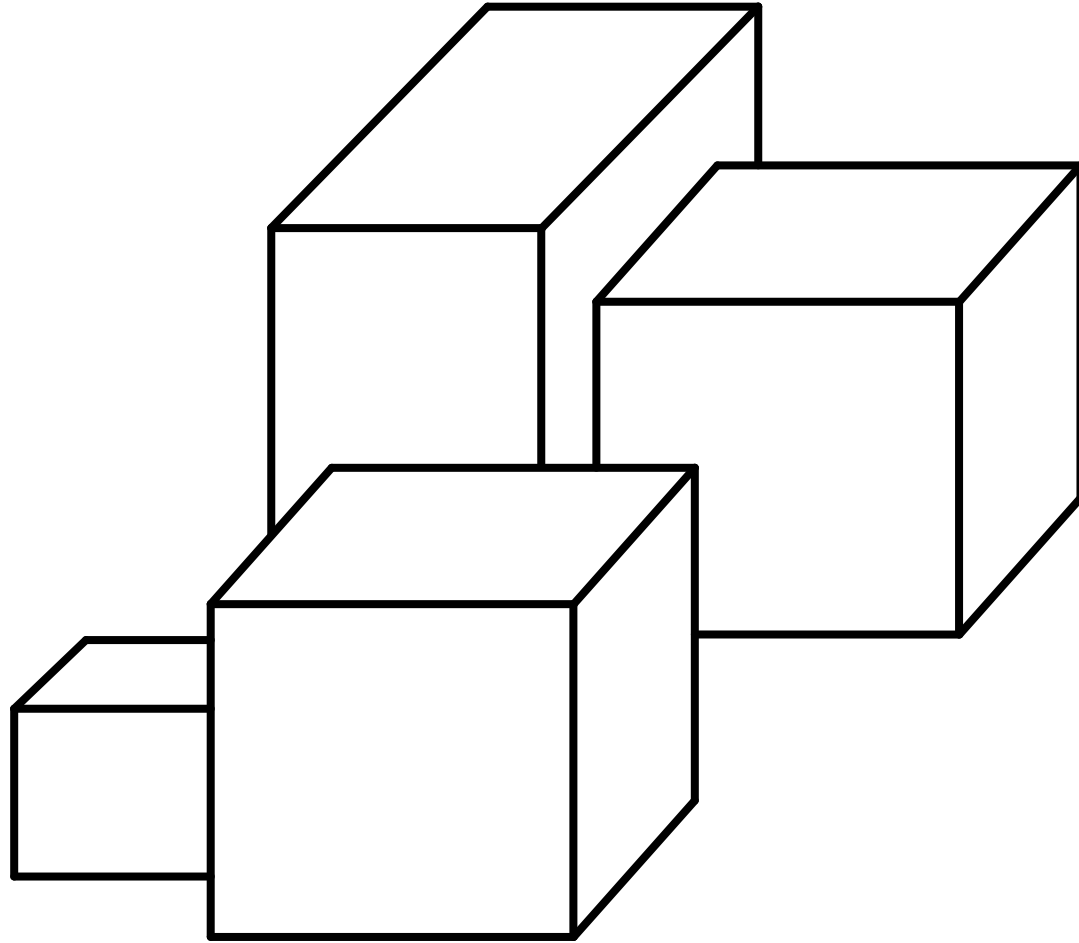
Класификация на ребрата



Алгоритъм на Робъртс



Алгоритъм на Робъртс



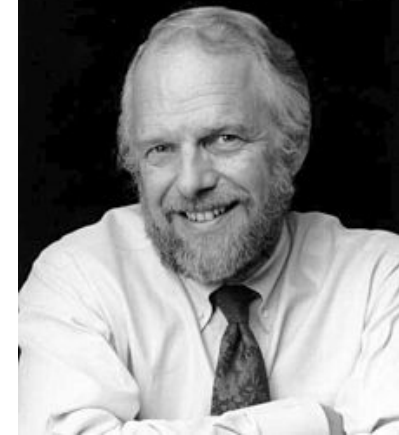
Алгоритъм на Варнок



Алгоритъм на Варнок

Идеята е че за обработката на области, съдържащи малко информация, се изразходват малко време и усилие.

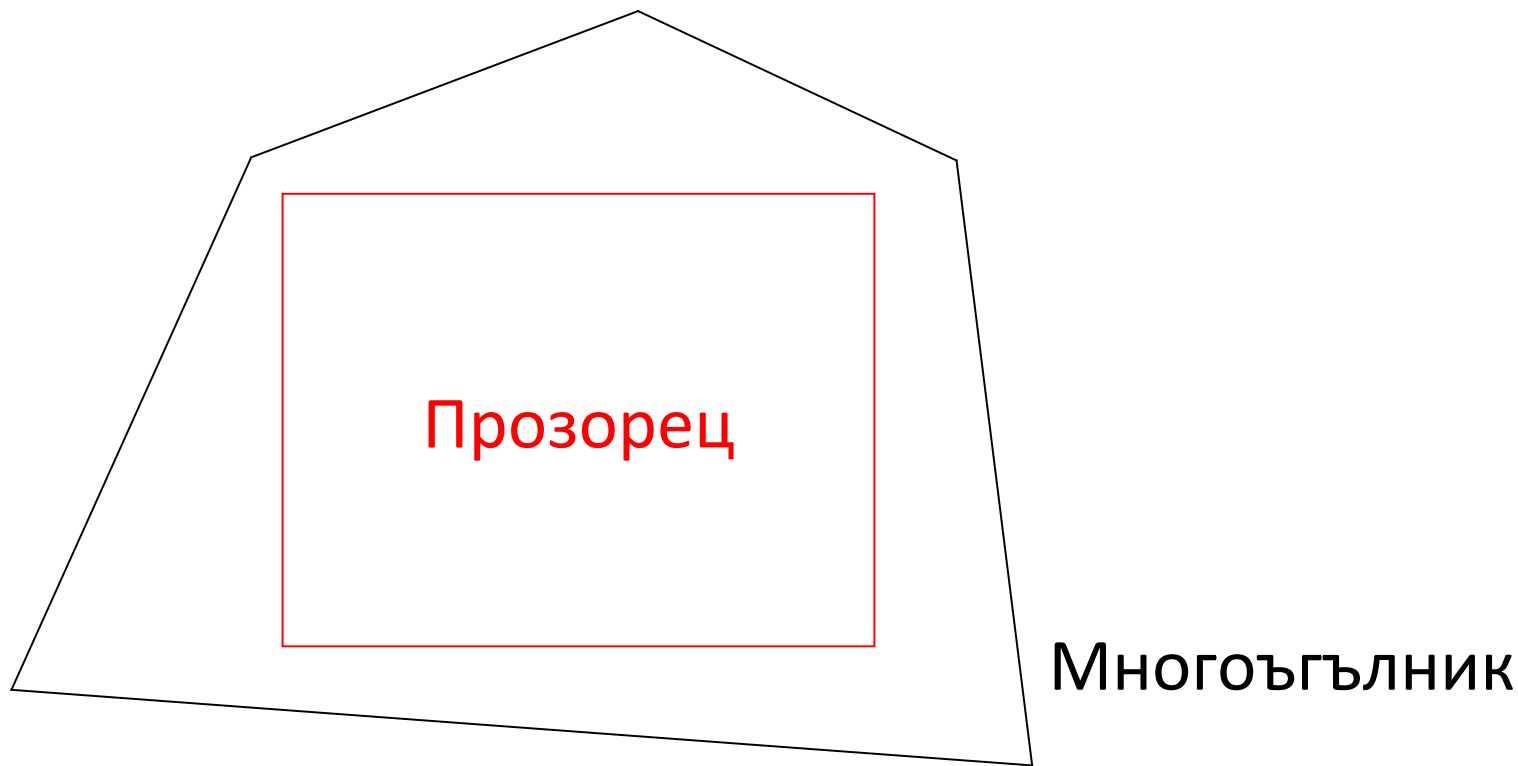
Използва се свойството на изображението **кохерентност**.



J. Warnock

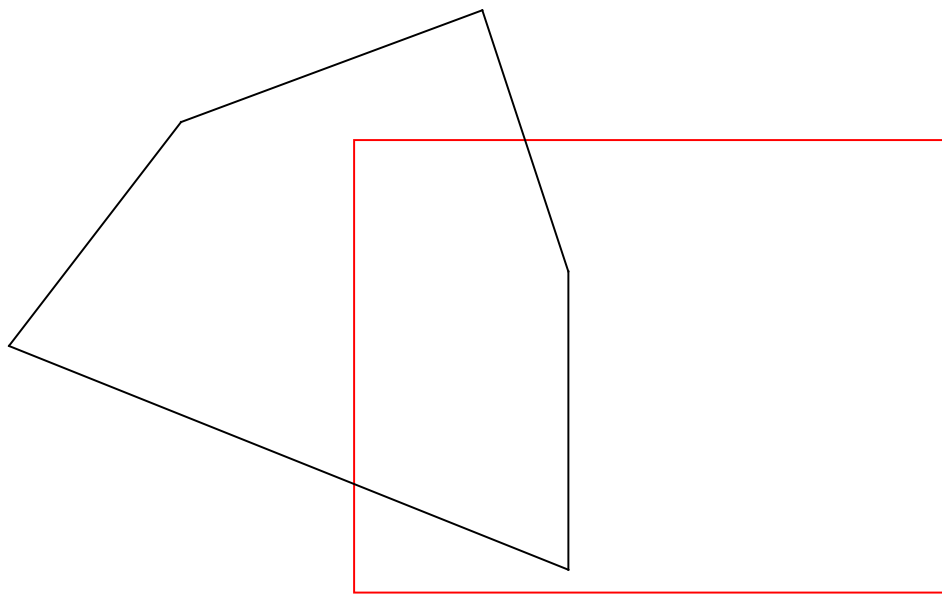
По-голямата част от времето и труда се ангажират от области с високо информационно съдържание.

Типизация на многоъгълник относно прозорец



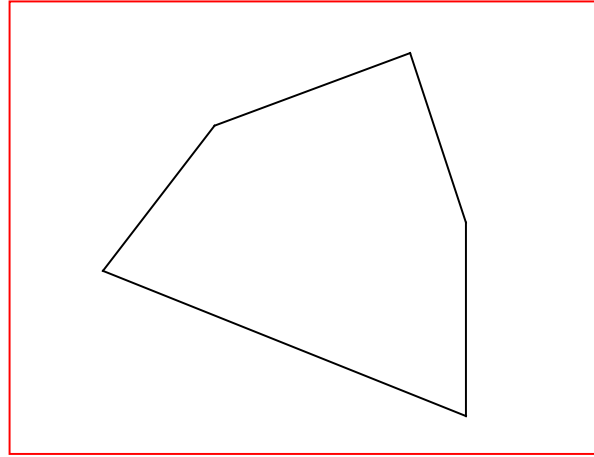
Обхващащ, ако прозореца се намира изцяло вътре в многоъгълника.

Типизация на многоъгълник относно прозорец



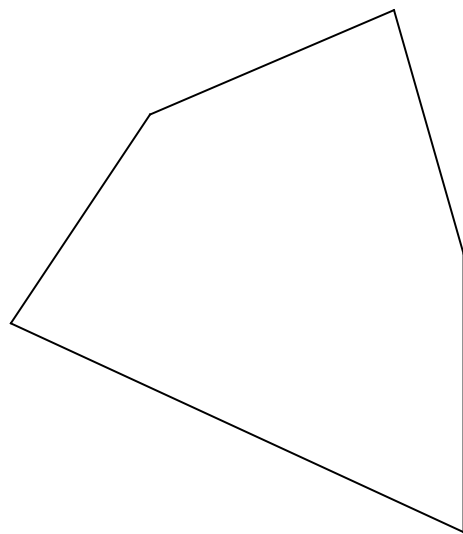
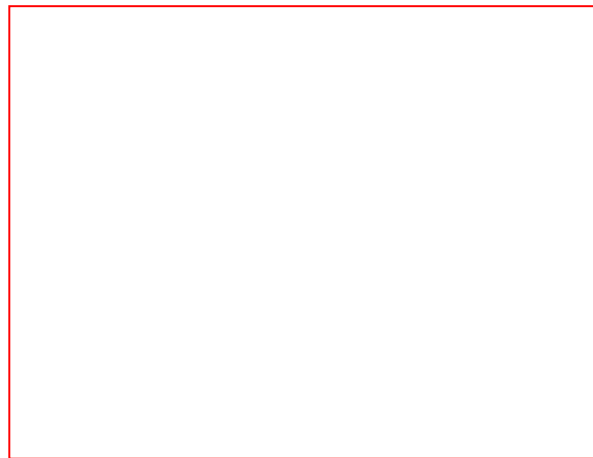
Пресичащ, ако вътрешността и границата на многоъгълника имат общи точки с вътрешността и границата на прозореца.

Типизация на многоъгълник относно прозорец



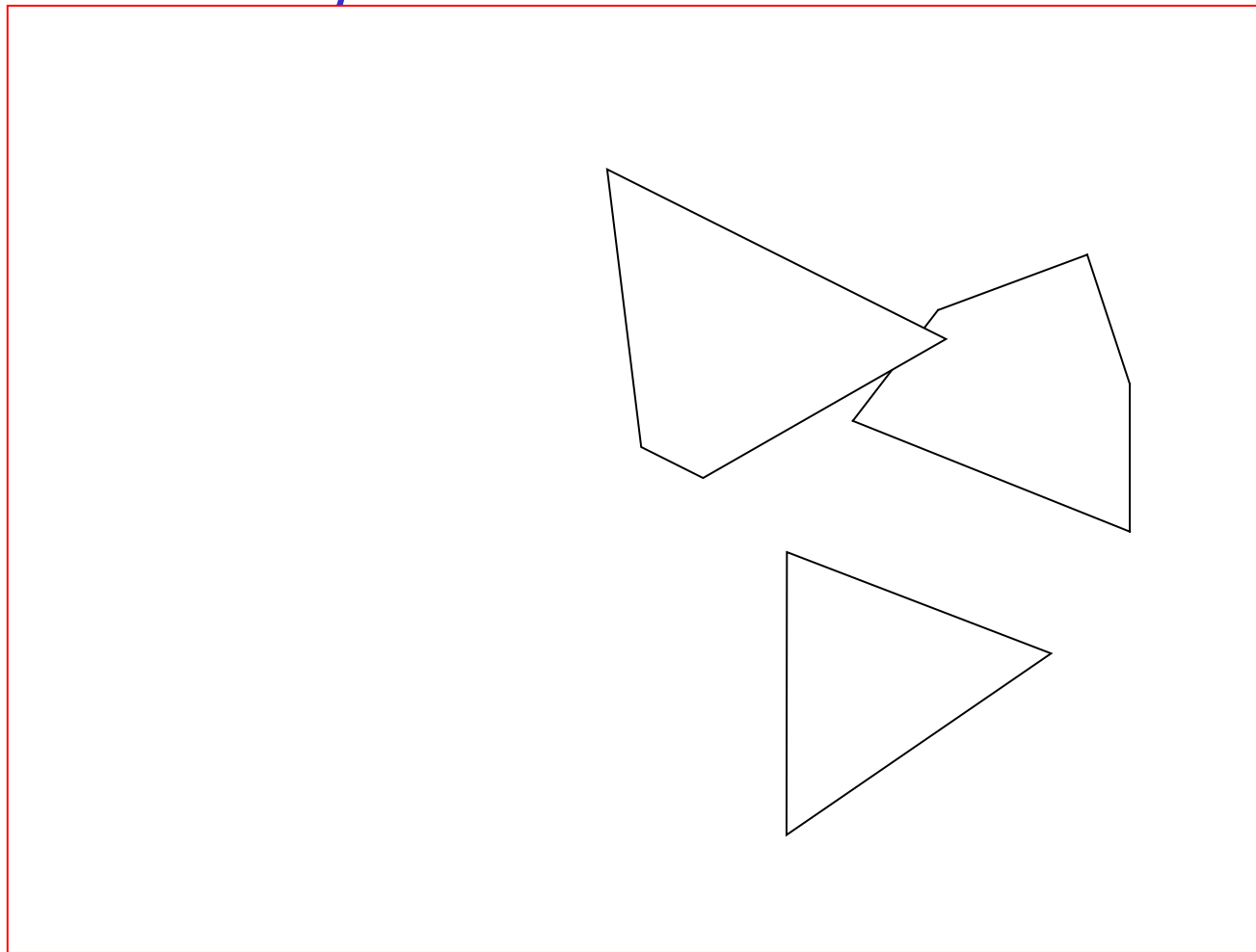
Вътрешен, ако той се намира изцяло вътре в прозореца.

Типизация на многоъгълник относно прозорец

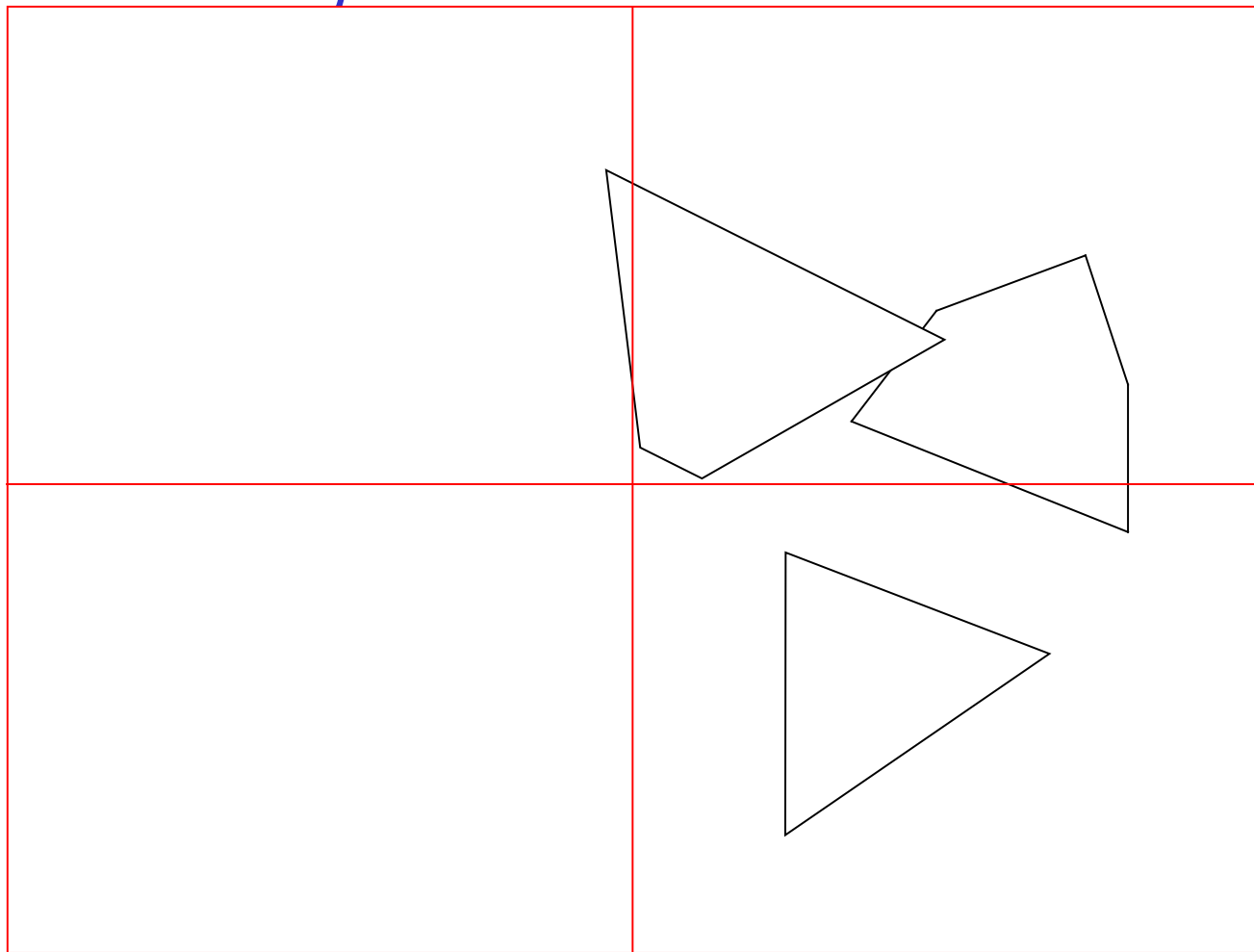


Външен, ако той се намира изцяло извън прозореца.

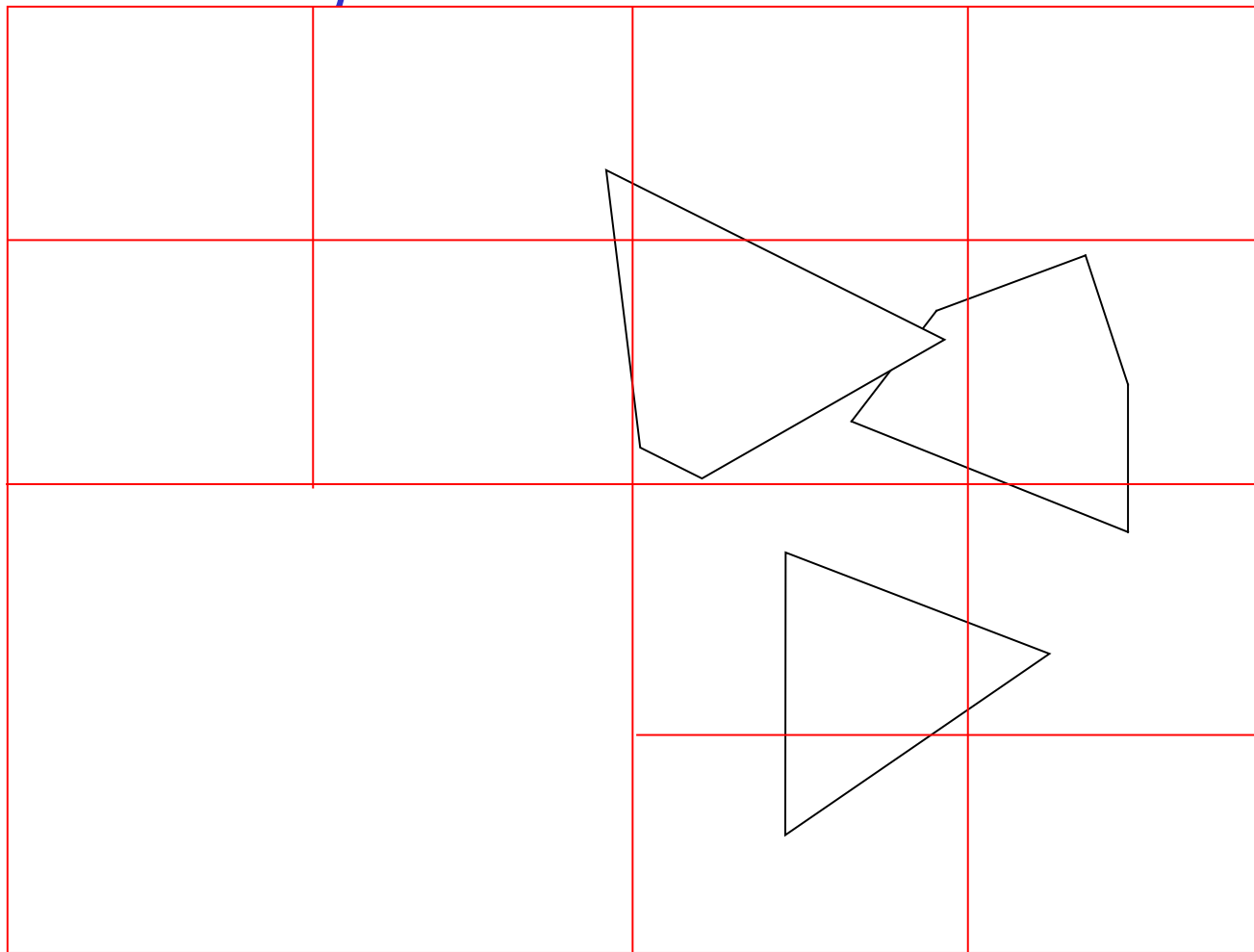
Алгоритъм на Варнок



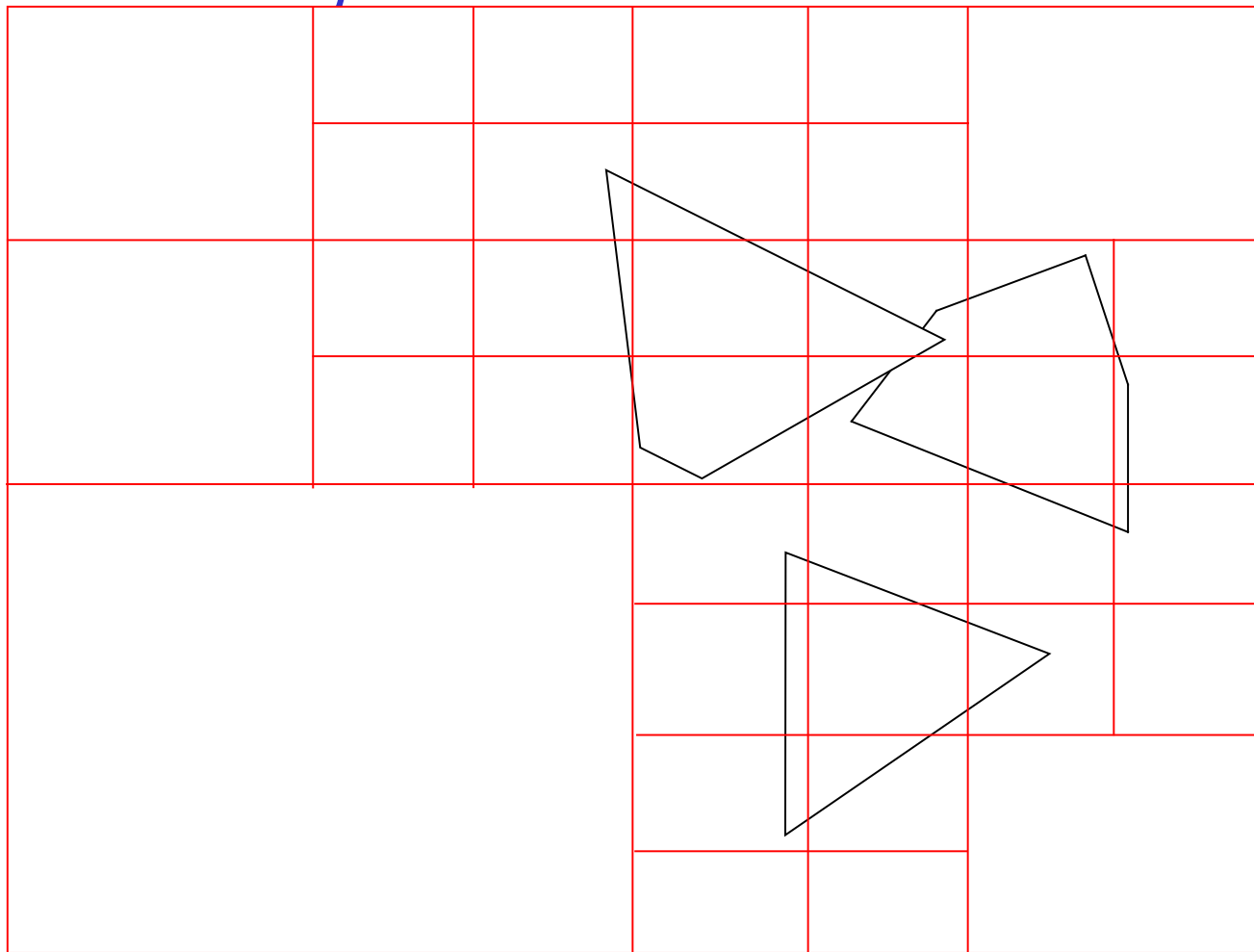
Алгоритъм на Варнок



Алгоритъм на Варнок



Алгоритъм на Варнок



Алгоритъм, използващ Z-буфер

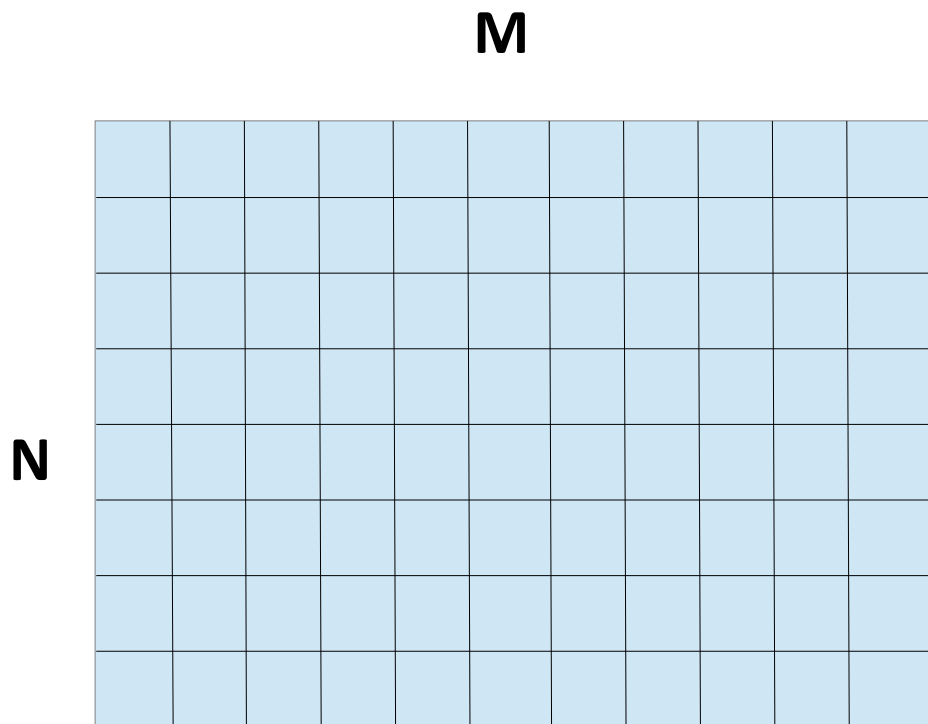
Алгоритъм, използващ Z-буфер



Ed. Catmull

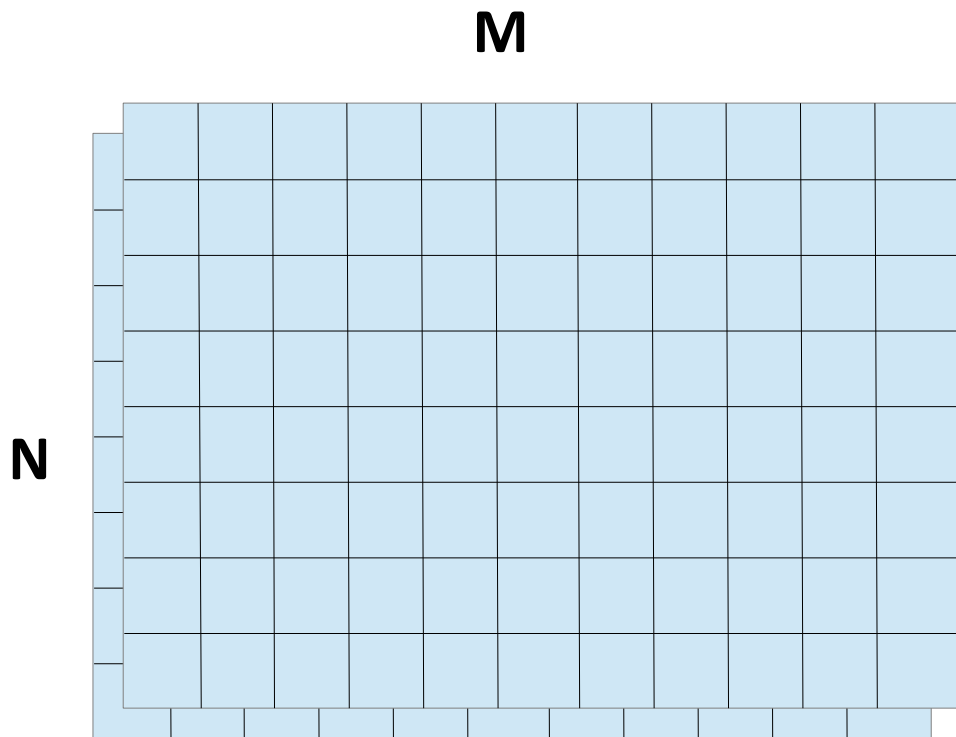
- ❖ Това е един от най-простите алгоритми за отстраняване на невидими повърхности;
- ❖ За пръв път той е предложен от Кетмул;
- ❖ Алгоритъмът работи в пространството на изображенията. Идеята за Z-буфер е просто обобщение на идеята за буфер на кадъра.

Алгоритъм, използващ Z-буфер



Цветовете, които съответстват на всеки пиксел се записват в матрица $M \times N$, която наричаме буфер на кадъра (Frame buffer или Color buffer).

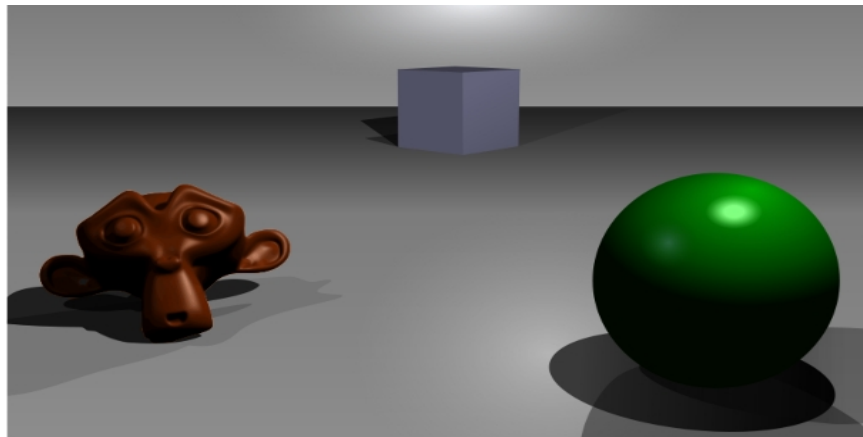
Алгоритъм, използващ Z-буфер



Цветовете, които съответстват на всеки пиксел се записват в матрица $M \times N$, която наричаме буфер на кадъра (Color Buffer).

Използва се втори буфер – на дълбочината (Depth Buffer), в който се записва най-близкото до наблюдателя разстояние.

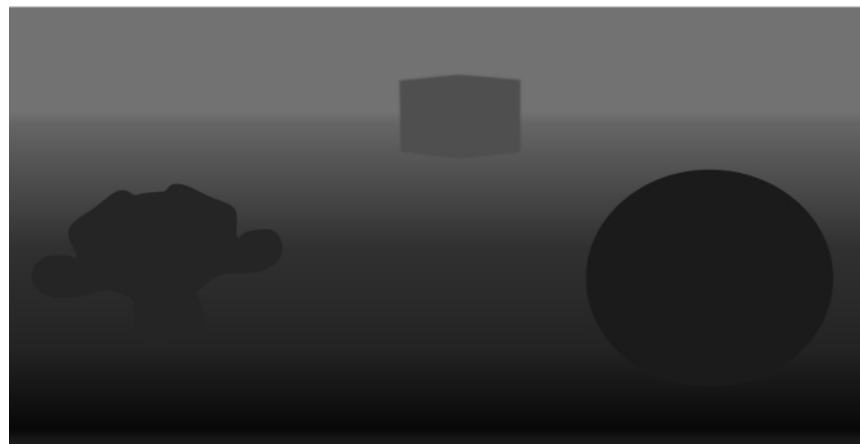
Пример



A simple three-dimensional scene

Буфер на цвета
(Color Buffer)

A simple three-dimensional scene



Буфер на дълбочината
(Depth Buffer)

Алгоритъм, използващ списък на приоритетите

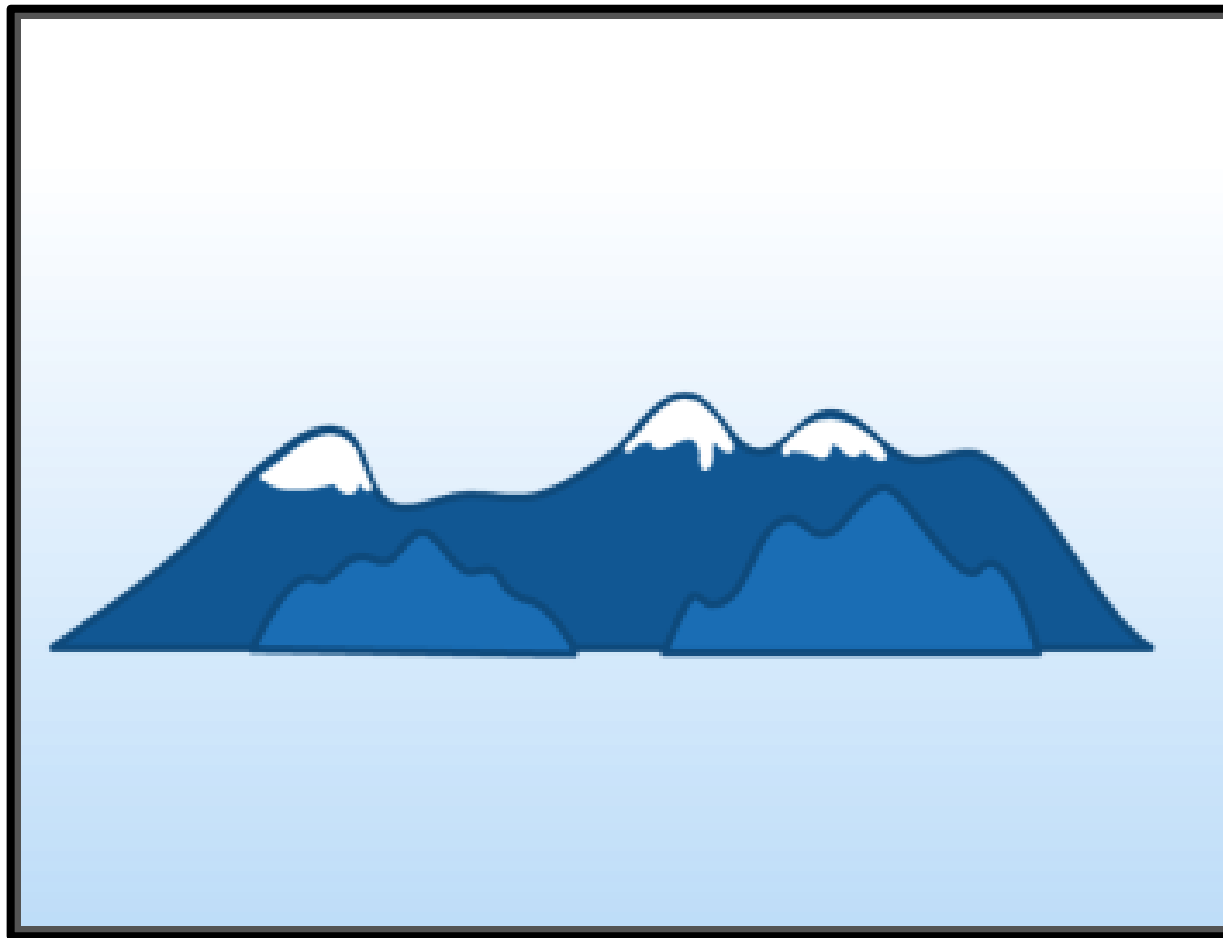
(Алгоритъм на художника)

Алгоритъм, използващ списък на приоритетите

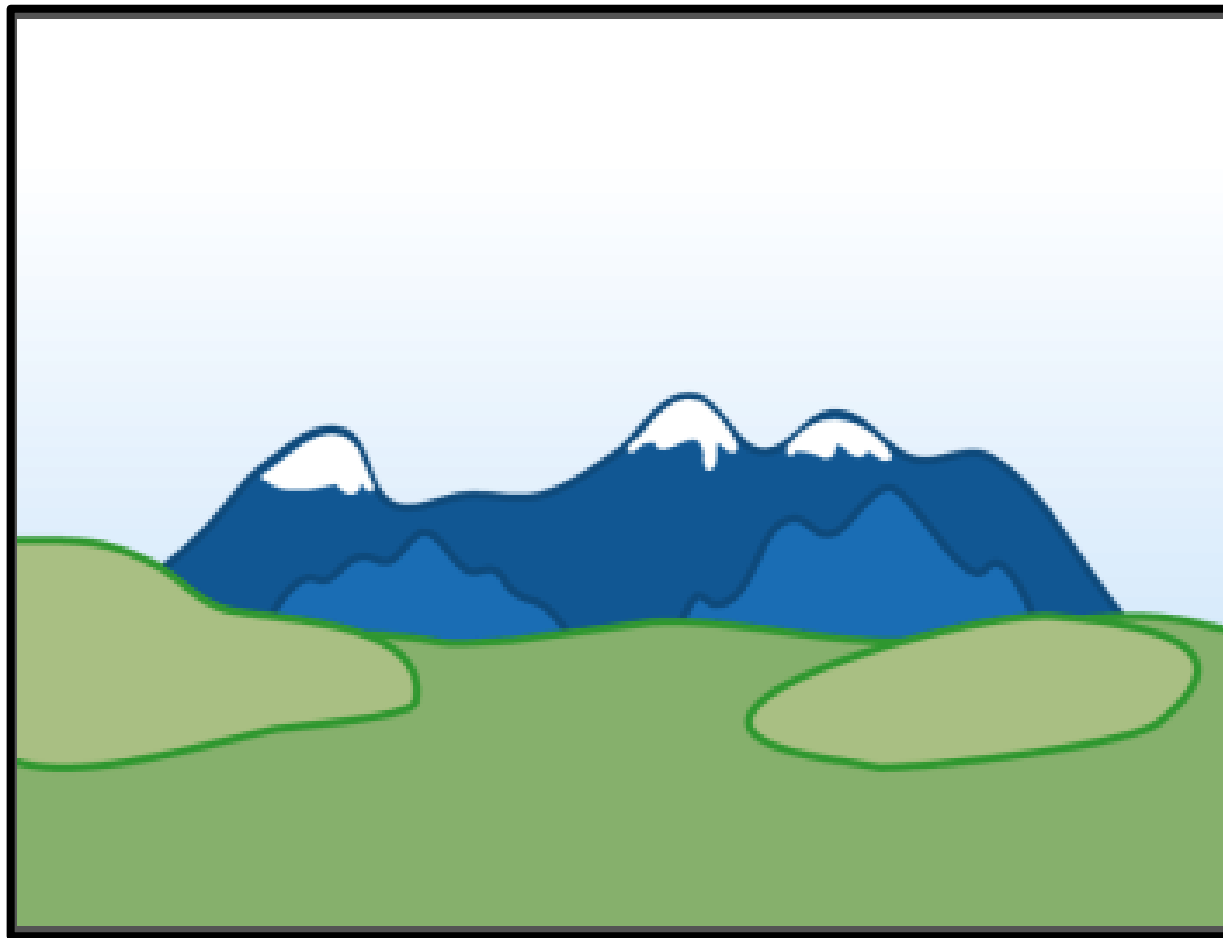
Основната идея е многоъгълниците да се наредят по някакъв критерии (например по отдалеченост от наблюдателят) и да се изрисуват в обратна посока.

Този алгоритъм още се нарича
Алгоритъм на художника.

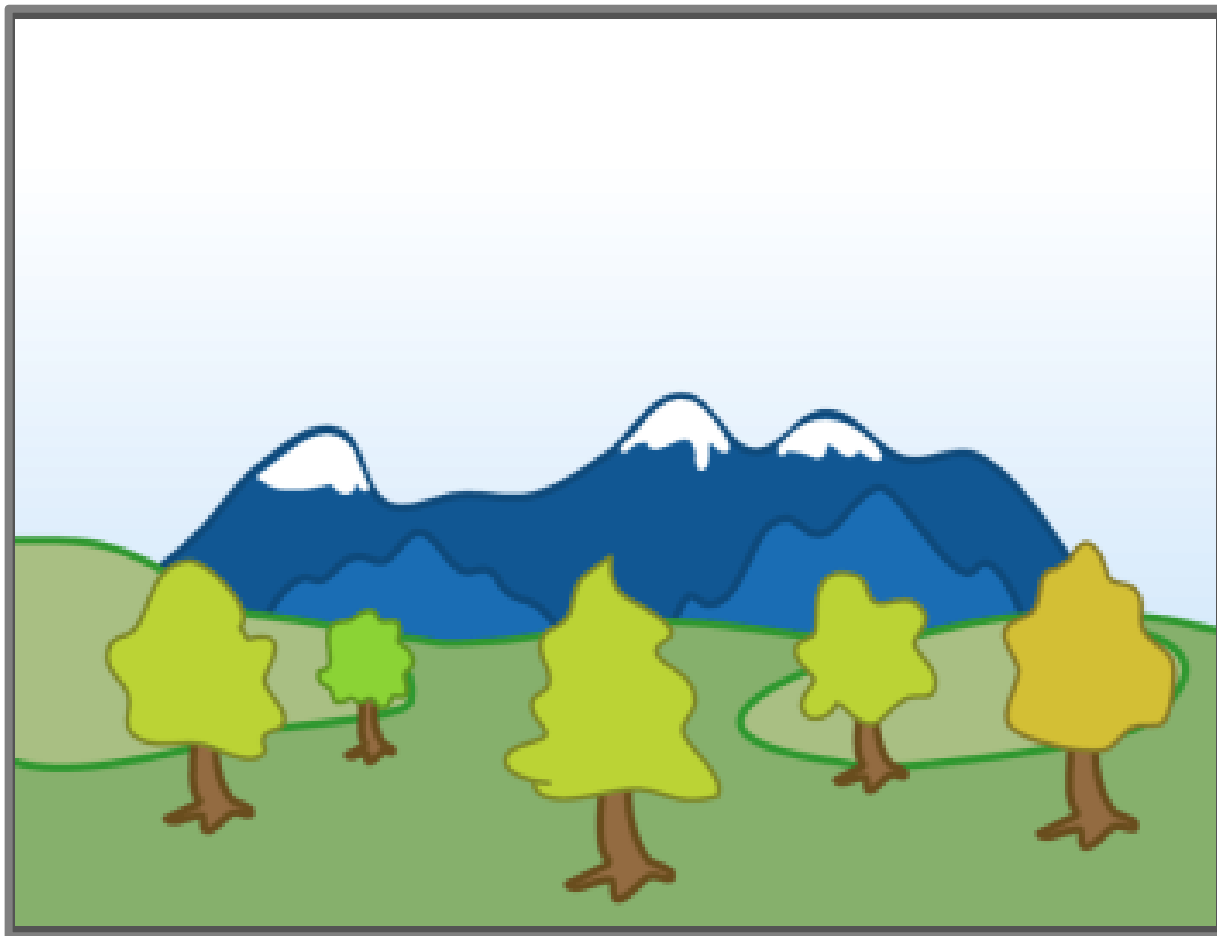
Пример



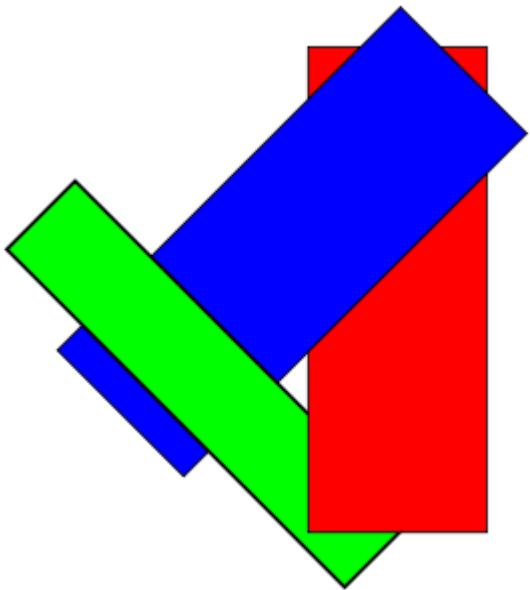
Пример



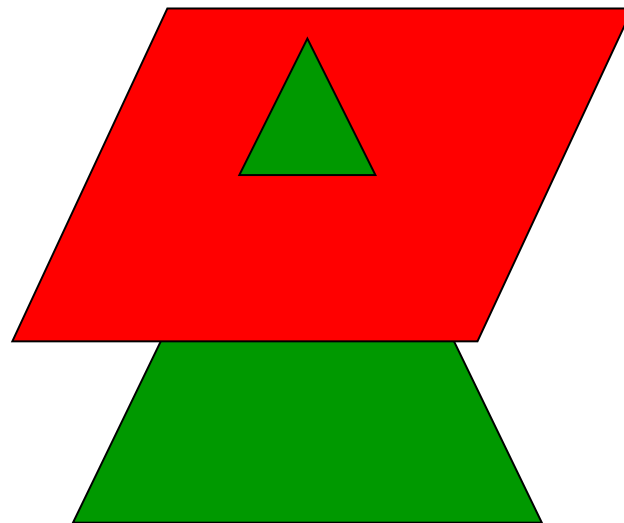
Пример



Проблеми



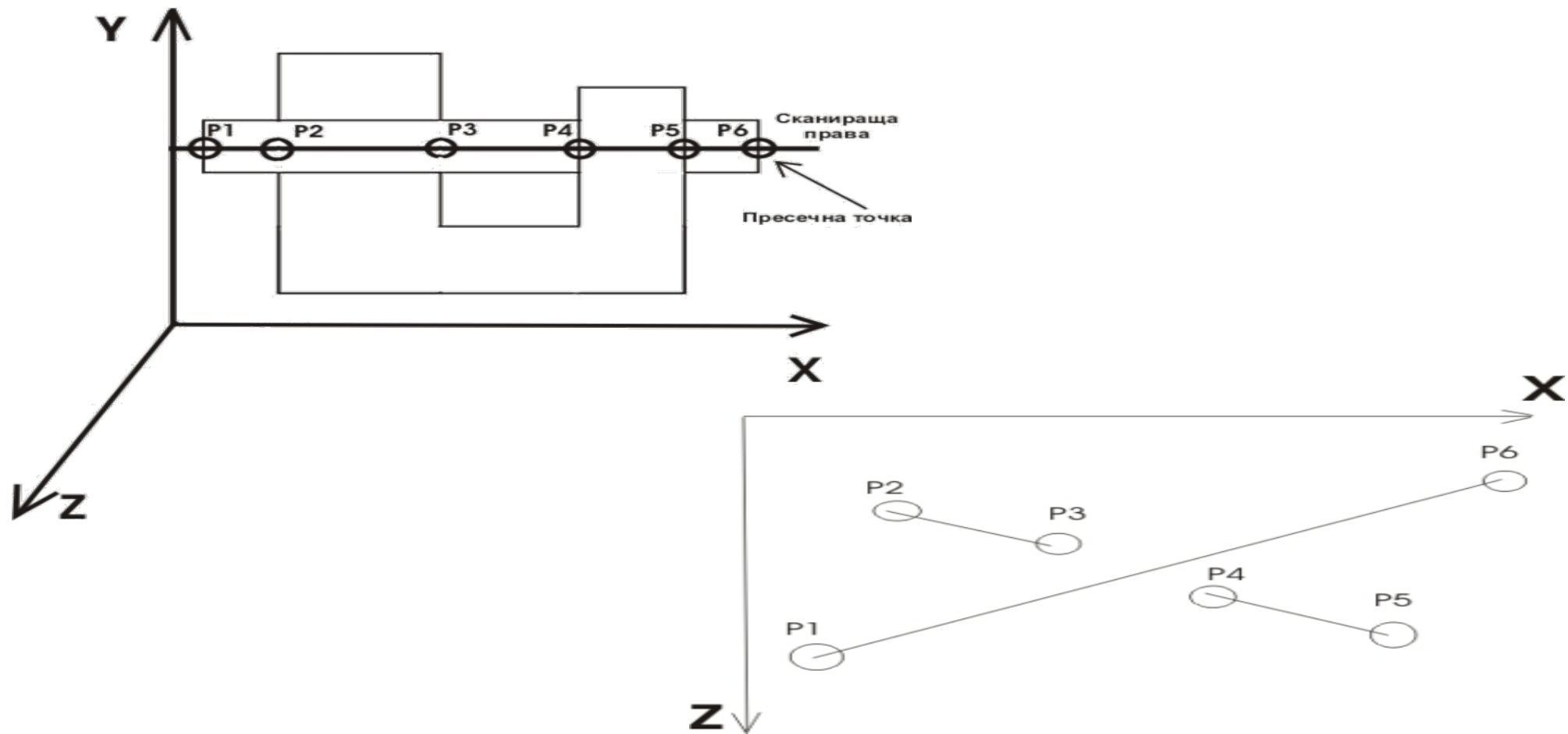
Циклично
припокриване



Проникване

Интервален алгоритъм за Поредово сканиране

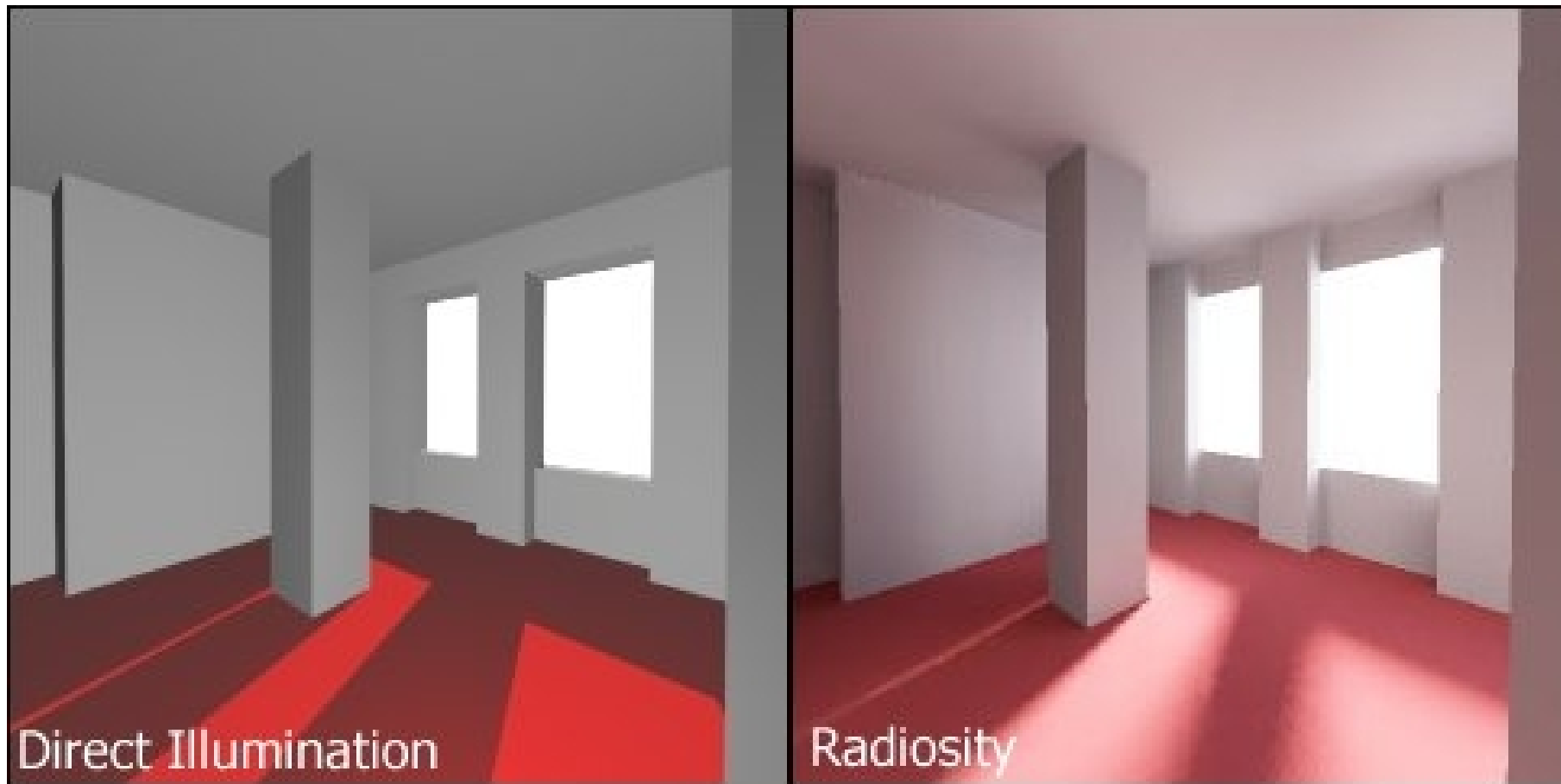
Поредово сканиране (интервален алгоритъм)



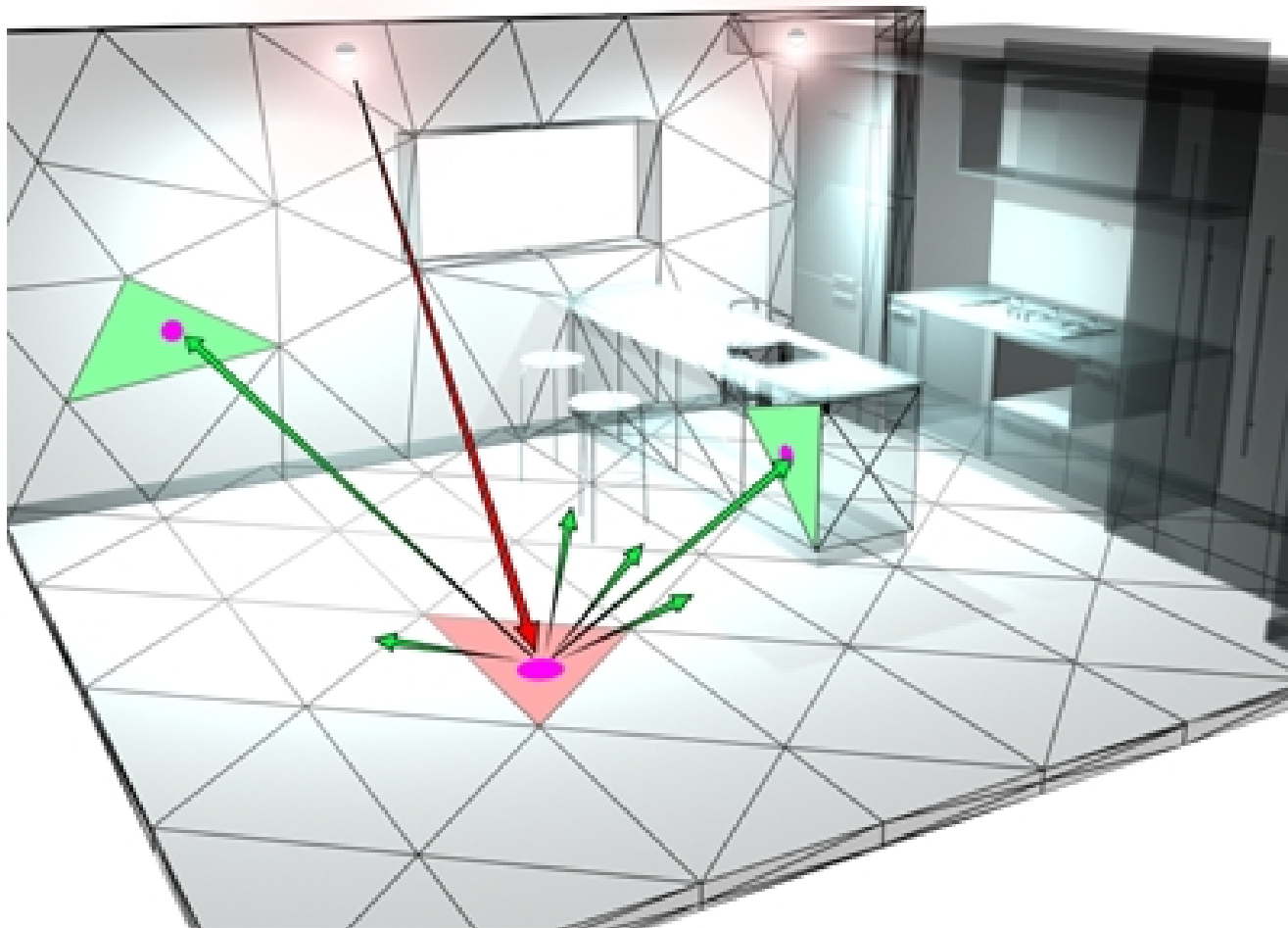
Radiosity



Локално срещу Глобално осветяване



Radiosity



Геометрията на сцената се разбива на много малки повърхности, след което се пресмята пренасянето на светлината между всеки две от тях.

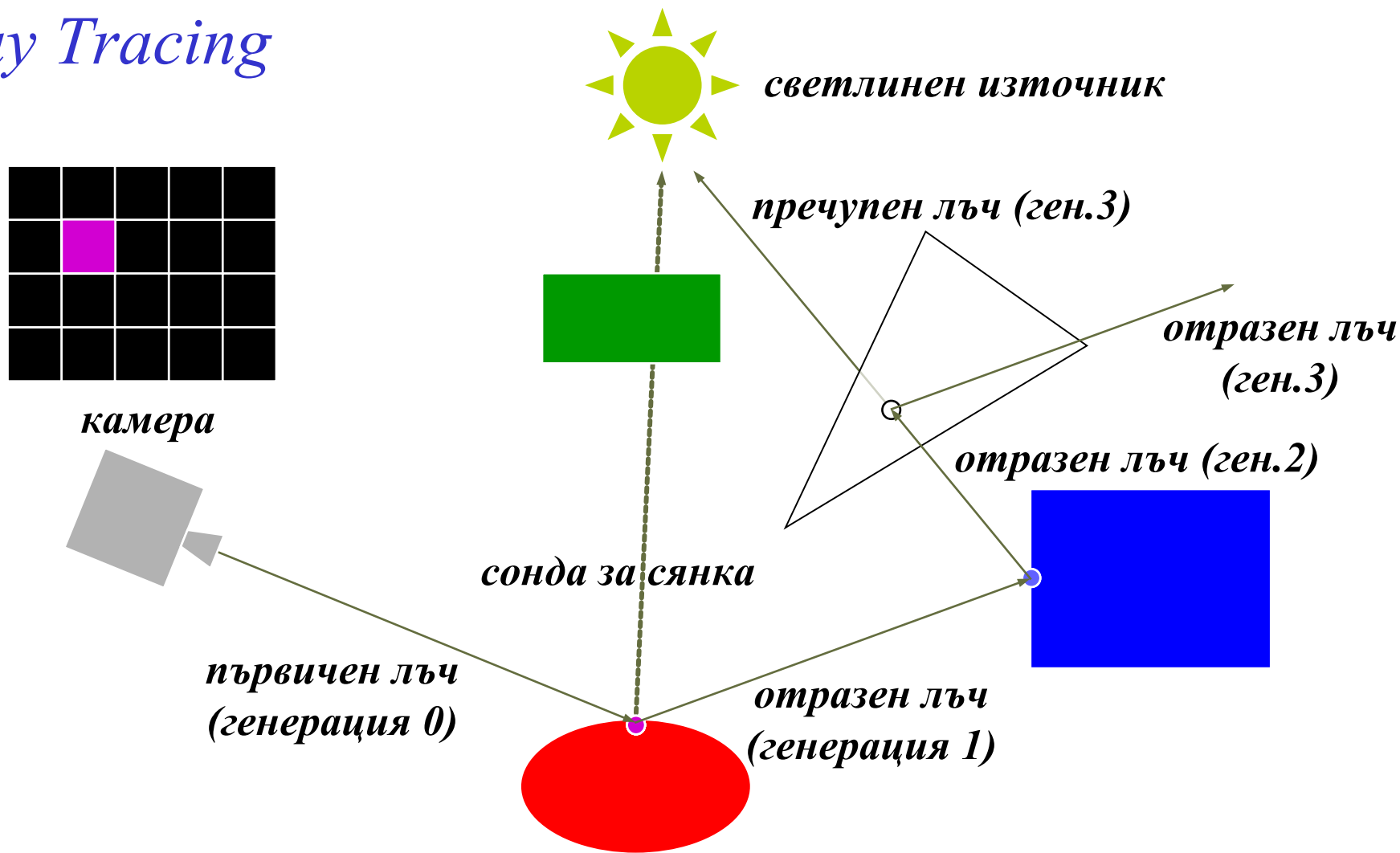
Пример



Ray Tracing



Ray Tracing



Пример 1



Пример 2



Геометрично (3D) Моделиране



Теории, методи и системи, насочени към създаване на информационно пълни представяния на тримерни реални обекти, които дават възможност да се изчисли всяко добре определено геометрично свойство на обектите, които те описват.

Въпроси?

apenev@uni-plovdiv.bg

