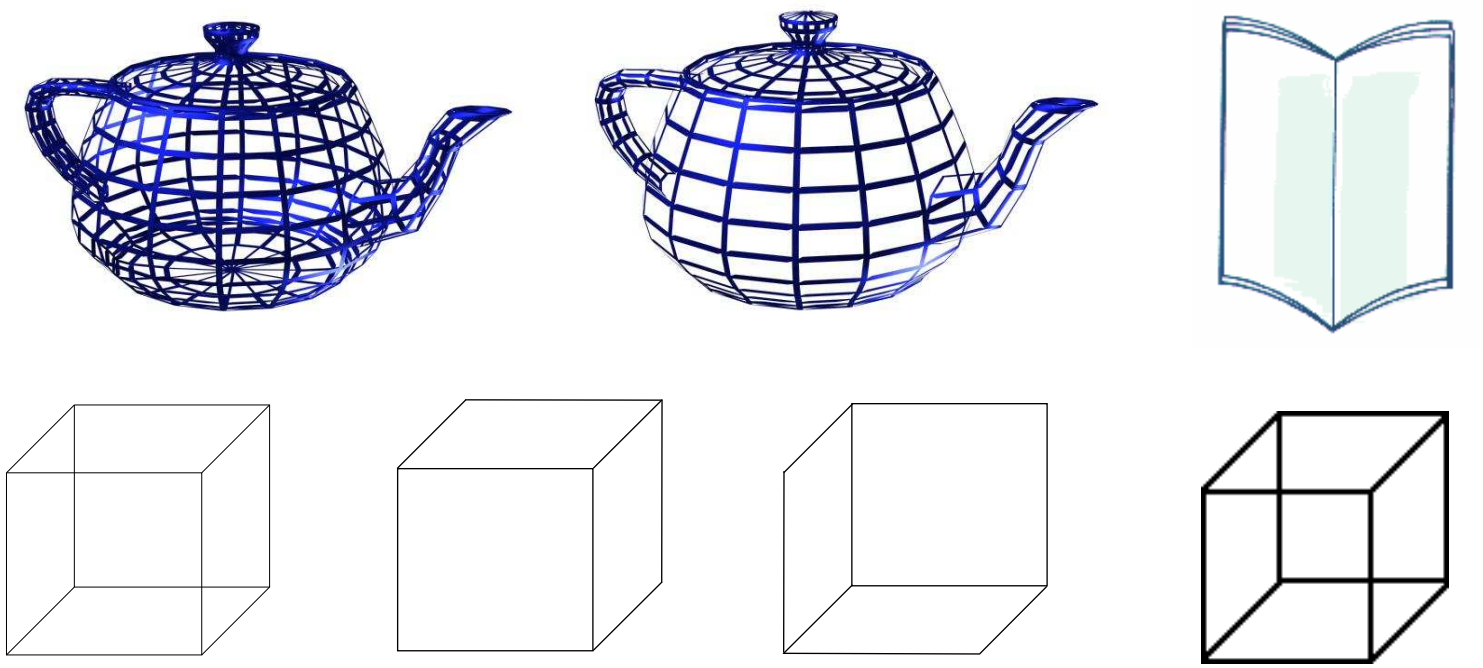
5. Uklanjanje skrivenih linija i površina



Određivanje vidljivosti (eng. hidden-line/surface algorithms)

- Za čovjeka je uklanjanje skrivenih linija i površina jednostavan problem. http://www.sandlotscience.com/Ambiguous/Hollow_Mask.htm
- Za računalo to je znatan problem.

Osnove postupaka uklanjanja skrivenih linija i površina

- geometrijska izračunavanja – uspostavljaju odnos između poligona, bridova i točaka (“containment test”)
- geometrijsko uređivanje (“geometric sorting”)
- postupci pretraživanja (“search algorithms”)
- međusoban ovisnost i obilježja (“coherence”)

Određivanje vidljivosti

- uklanjanje objekata izvan piramide pogleda (dijelova poligona)
- uklanjanje stražnjih pogona (eng. back face culling)
- brzi, jednostavni postupci za rješavanje trivijalnih slučajeva

  (npr. Min-maks provjera)
- promjena složenosti prikaza ovisno o udaljenosti (eng. LOD-level of detail)

Podjela postupaka za uklanjanje skrivenih linija i površina

- postupci u prostoru objekta 3D
- postupci u prostoru slike (projekcije) 2D

Sličani postupci koriste se kod

- odsijecanja (engl. clipping)
- detekcije sudara tj. kolizije (engl. collision detection)
- bačene sjene

Geometrijska izračunavanja

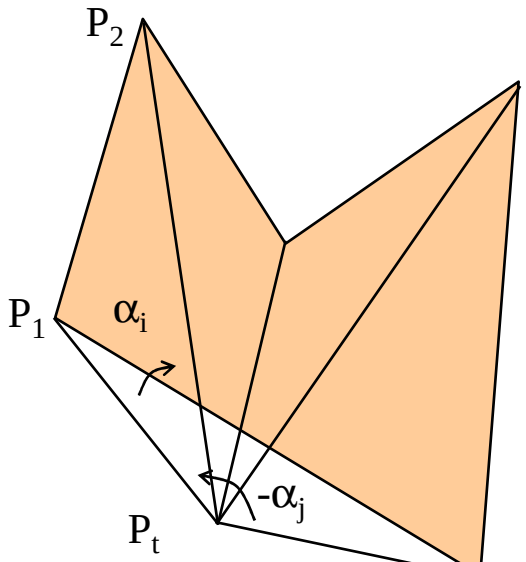
Čine osnovu u postupcima uklanjanja skrivenih linija i poligona, detekcija kolizija, odsijecanja. (U prostoru projekcije ili scene).

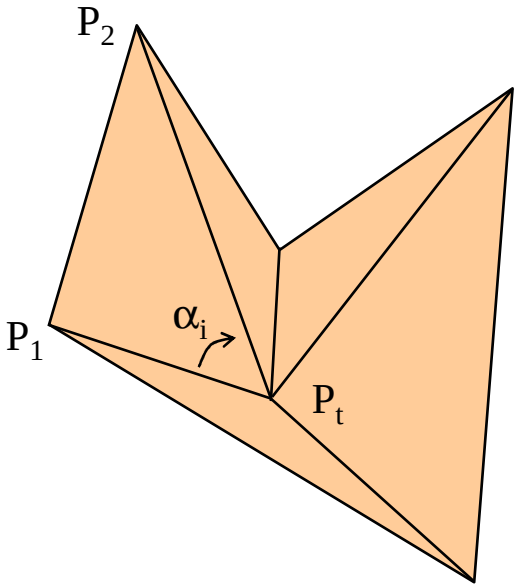
- položaj točke prema
  - pravcu ili ravnini
  - poligonu ili tijelu
- položaj dužine
  - pravcu ili ravnini
  - poligonu ili tijelu
- Booleove operacije (unija, presjek, razlika)
  - dvaju tijela (eng. solid modelling)
- određivanje orijentacije poligona (u projekciji)

Provjera odnosa točke i poligona

Korištenje sume kutova.

- ako je $\sum_i \alpha_i = 0^\circ$ P_t je izvan poligona
- ako je $\sum_i \alpha_i = 2\pi$ P_t je unutar poligona





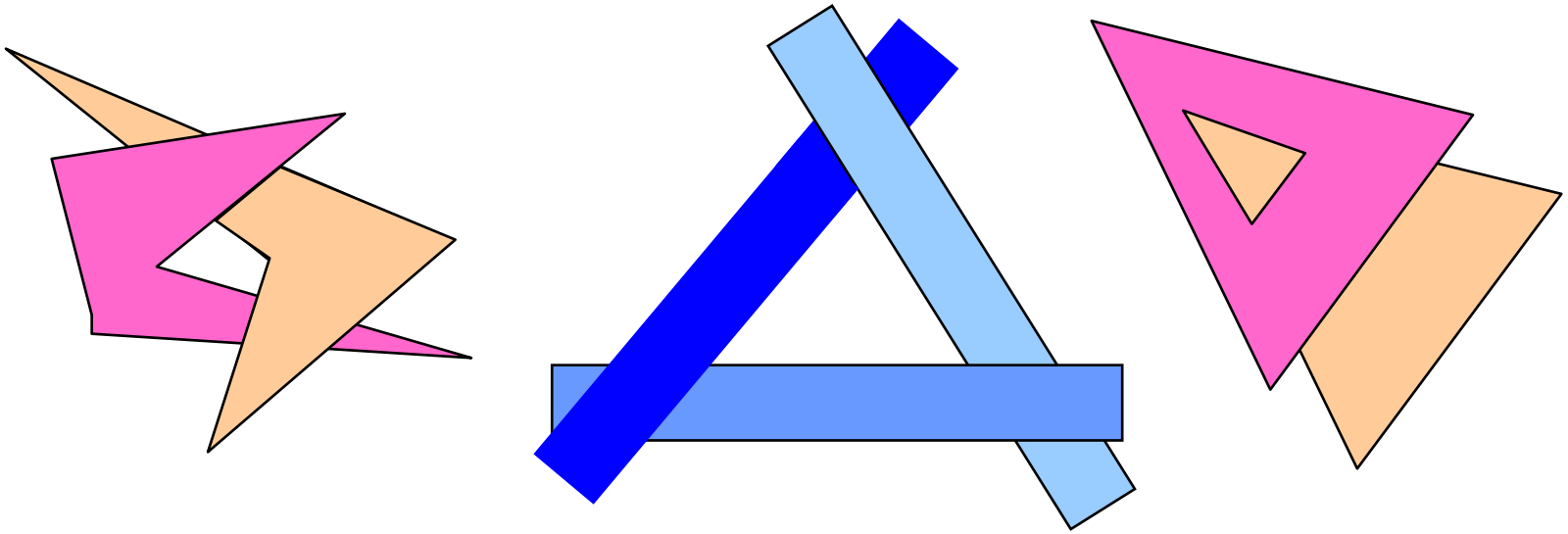
Geometrijsko uređivanje

Na primjer algoritam iscrtavanja slikara. BTF (eng. back to front) (eng. Painter algorithm) Nakon iscrtavanja najudaljenijih poligona crtaju se redom sve bliži koji prekrivaju već iscrtane.

Prednosti: - mogućnost korištenja prozirnosti

Nedostaci: - suvišno iscrtavanja prekrivenih poligona

- problem kod iscrtavanja površina ili probadanja



Min-maks provjera

Brzi zahvat koji ustanovljava da li se dva poligona sigurno ne prekrivaju ili se potencijalno prekrivaju.

Neka su poligoni zadani vrhovima $P_1(V_{11} .. V_{1n})$ i $P_2(V_{21} .. V_{2m})$.

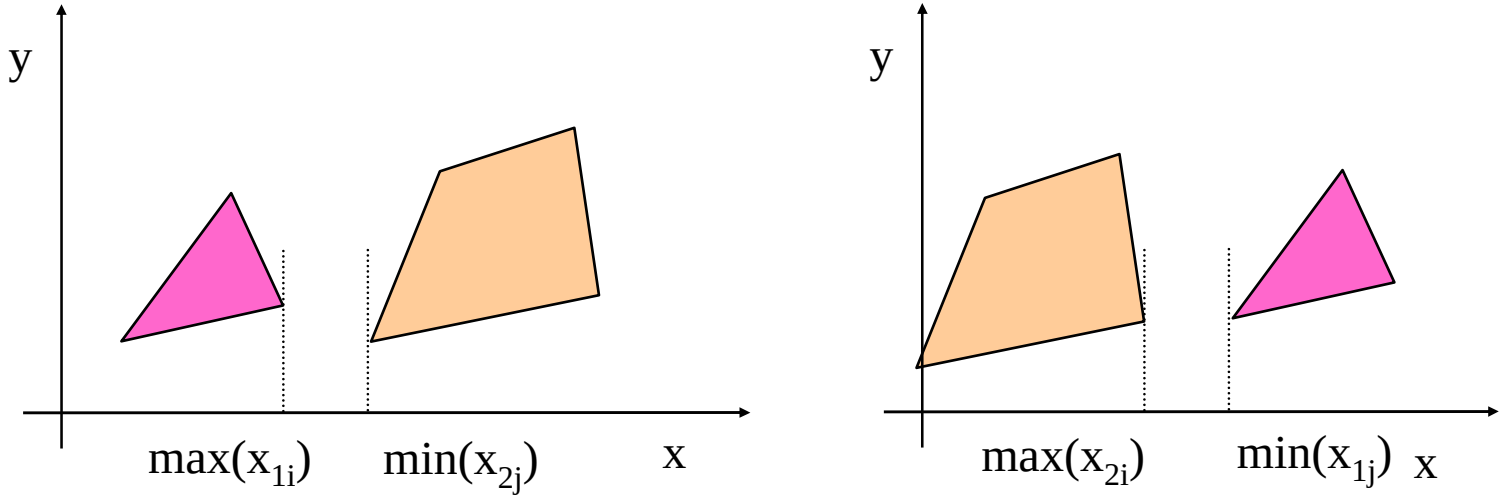
Poligoni se ne prekrivaju ako vrijedi za svaki i, j:

$\max(x_{1i}) < \min(x_{2j})$ ili

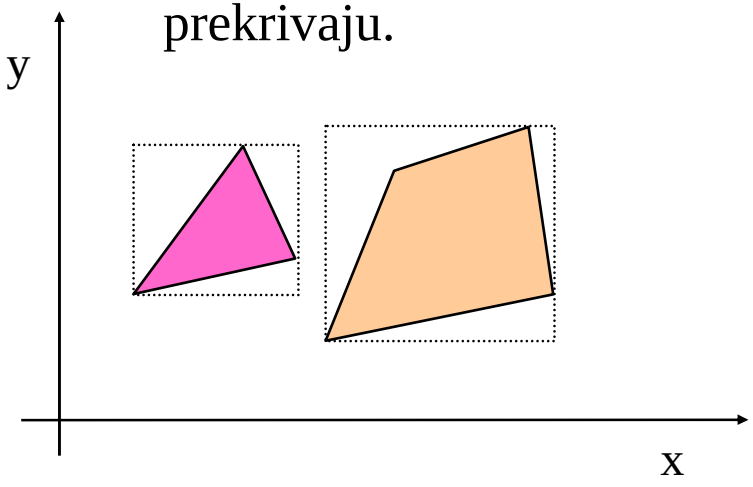
$\max(x_{2i}) < \min(x_{1j})$ ili

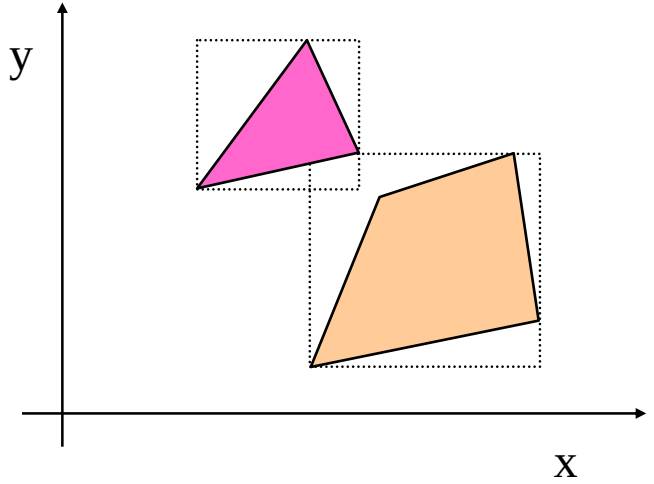
$\max(y_{1i}) < \min(y_{2j})$ ili

$\max(y_{2i}) < \min(y_{1j})$



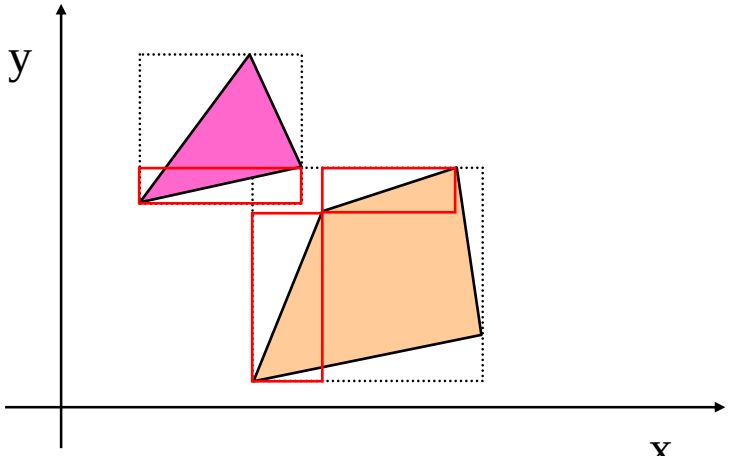
U stvari provjeravamo da li se opisani pravokutnici (eng. screen extent) prekrivaju.





Ukoliko se poligoni potencijalno prekrivaju potrebne su daljnje provjere.

Algoritam možemo primijeniti i na bridove.

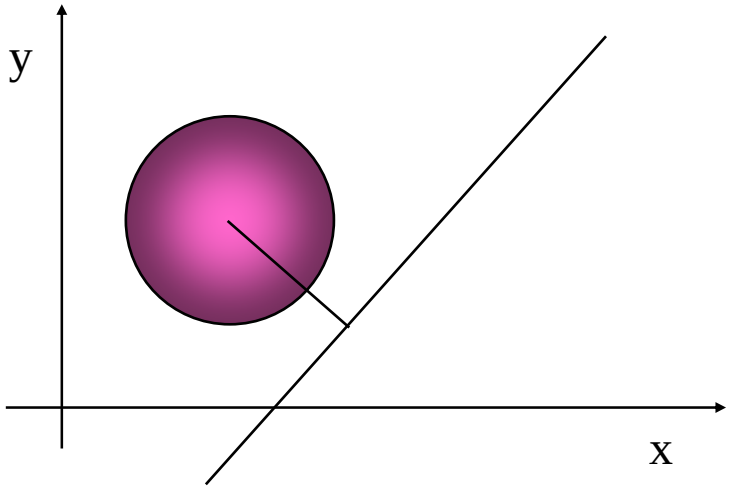


Proširenje algoritma Min-maks na trodimenzjski prostor.

Provjeravamo da li se kvadri (eng. bounding box), koji obuhvaćaju tijela ili dijelove tijela preklapaju. Postupak se obično koristi kod detekcije kolizije. Umjesto kvadara često se koriste kugle (sfere).

Ukoliko je udaljenost pravca do središta kugle:

- veća od polumjera, pravac ne siječe kuglu.
- manja od polumjera, pravac siječe kuglu.



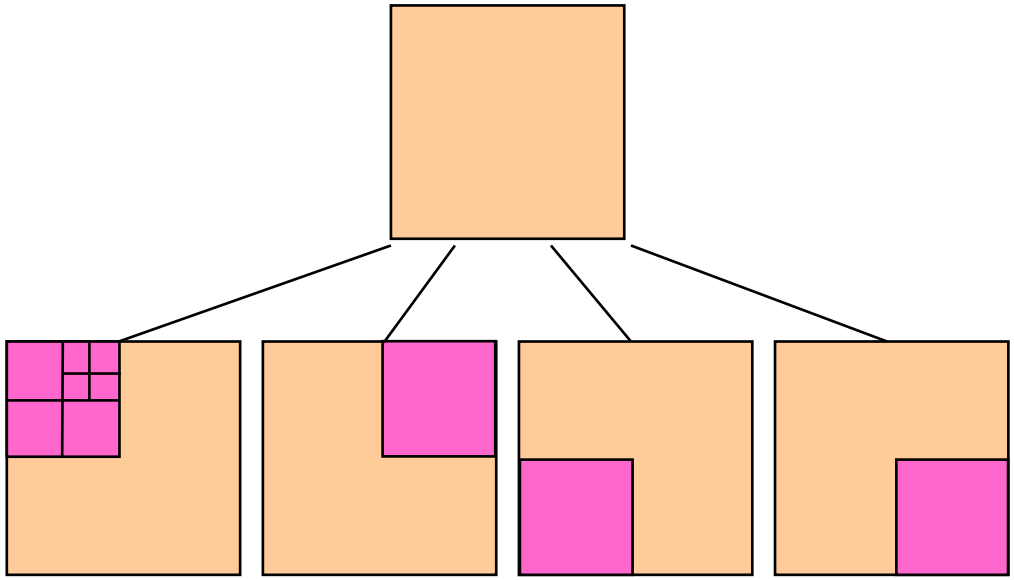
Warnock-ov postupak

Radi u prostoru slike.

Analiziramo sadržaj ispitnog prostora koji je u početku jednak zaslonu.

Mogući slučajevi:

- prozor je prazan
- scena u prozoru je jednostavna i moguće ju je prikazati
- scena u prozoru je složena, rekurzivno dijelimo dalje
  - http://olli.informatik.uni-oldenburg.de/Grafiti3/grafitiNav/flow8/page10.html#Ref_ID193
  - http://www.gris.uni-tuebingen.de/grisalt/projects/grdev/applets/octree/html/index_en.html

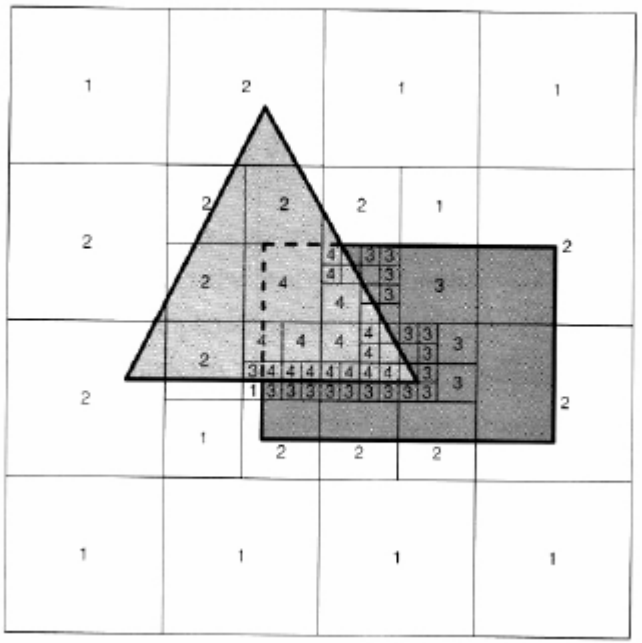


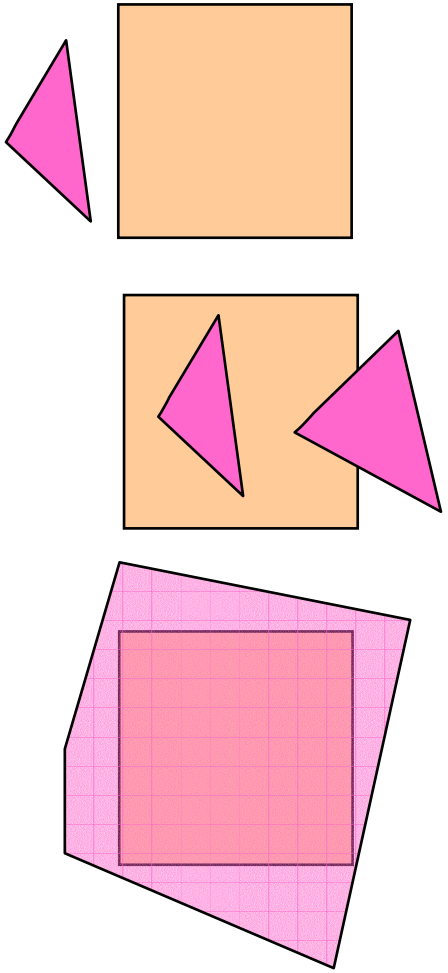
Podjela prostora (eng. quad tree)

Poligone raspodijelimo obzirom na relaciju s prozorom:

- poligon je izvan prozora (uklonimo ih iz liste) (1)
- poligon siječe prozor ili je u prozoru (2)
- poligon (jedan) prekriva prozor (3)
- više poligona prekriva prozor (4)

- http://donar.umiacs.umd.edu/quadtree/rectangles/recttree.html
- http://donar.umiacs.umd.edu/quadtree/lines/pm1.html
- http://www.gris.uni-tuebingen.de/grisalt/projects/grdev/applets/smart/html/index_en.html





Watkins-ov postupak (eng. scan line method)

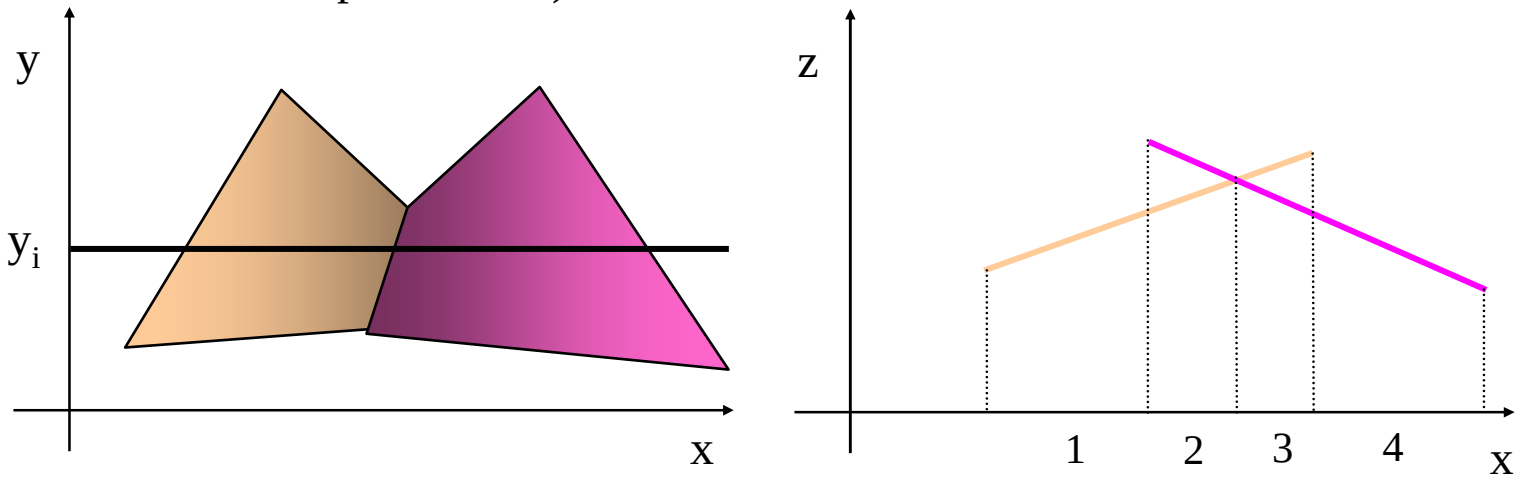
Radi u prostoru slike. Projiciramo poligone u ravninu xy.

U ravnini projekcije postavimo ispitnu liniju.

1. Određivanje raspona uzorka

Raspon uzorka definiramo kao dio linije na kojoj se ne može dogoditi promjena vidljivosti. Raspon uzorka je dio linije koji zadovoljava uvjete:

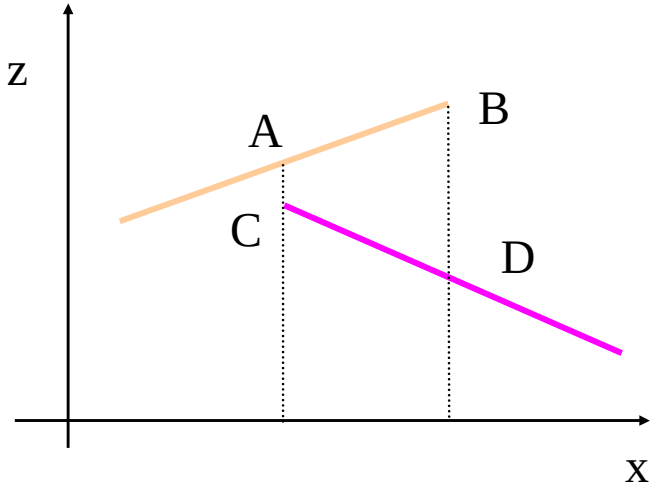
- broj segmenata u rasponu uzorka *konstantan* je i veći od 1
- projekcije presjeka za $y = y_i$ unutar raspona uzorka u ravnini *xz ne sijeku* se unutar raspona uzorka (svaki presjek u projekciji označava novi raspon uzorka)

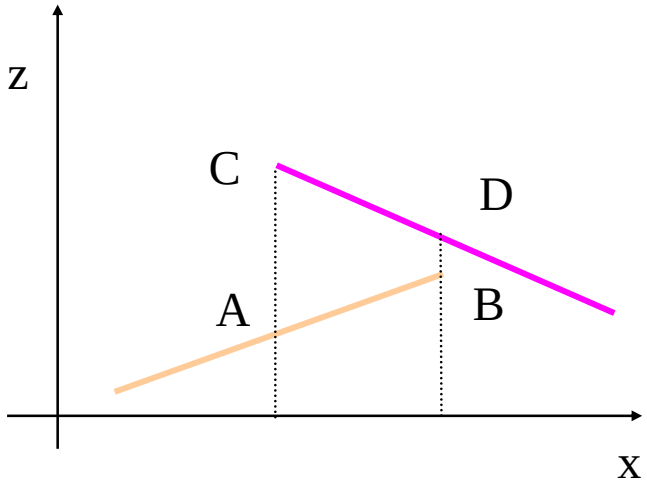


2. Određivanje vidljivosti
3. Raspon uzorka testiramo obzirom na vidljivost:
   - ako je broj segmenata na tekućoj liniji pretrage različit od broja segmenata na prethodnoj liniji pretrage ili
   - ako se krajnje točke dvaju segmenata zamijene, po veličini koordinate z (na primjer: točke A i C te B i D) kad prelazimo iz tekuće u susjednu liniju pretrage (tada se obje površine sijeku u prostoru između dviju ravnina pretrage).

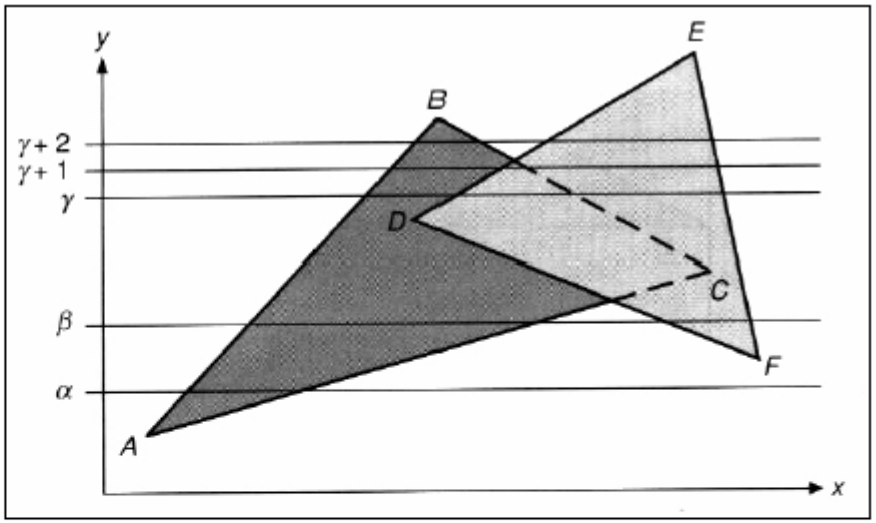
   Ispitivanjem z-koordinate možemo odrediti koji segment u rasponu uzorka prekriva druge segmente.

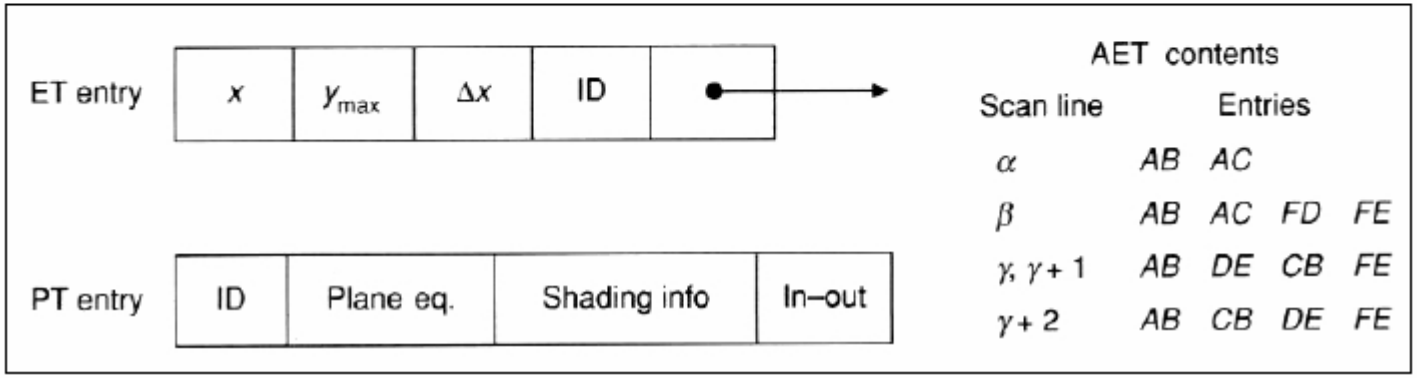
   (npr: 3D Studio MAX software renderers)





ET - the edge table
PT - the polygon table
AET - the active edge table



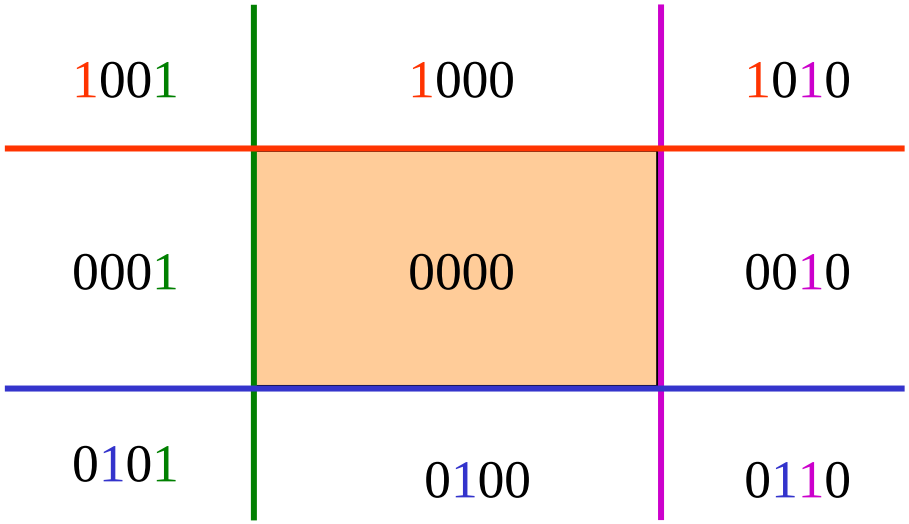


ET – x koordinata kraja koji ima manju y koordinatu

- y_{max} y koordinata drugog kraja
- Δx prirast po x (nagib) http://www.gris.uni-tuebingen.de/grisalt/projects/grdev/applets/watkins/html/index_en.html
- ID poligon kojem brid pripada http://olli.informatik.uni-oldenburg.de/Grafiti3/grafiti/flow8/page9.html

Odsijecanje dužina (engl. clipping) (prostor objekta, projekcije)

1. Algoritam Cohen-Sutherlanda
   - pridružimo pravce dužinama prozora
   - označimo područja sa četiri bita
     - bit 3 - 1xxx – područje iznad prozora – predznak od (y_{max}-y)
     - bit 2 - x1xx – područje ispod prozora – predznak od (y-y_{min})
     - bit 1 - xx1x – područje desno od prozora – predznak od (x_{max}-x)
     - bit 0 - xxx1 – područje lijevo od prozora – predznak od (x-x_{min})



– neka je pripadnost točke V_1 (V_2) području označeno četvero-bitnim kodom c_1 (c_2)

1. Dužina je trivijalno **vidljiva** ako je c_1=0000 i c_2=0000
2. Dužina trivijalno **nije vidljiva** ako je (c_1 AND c_2) ≠ 0000
   Npr. A=1001, B=1010, (A AND B) = 1000
3. Ako nije 1. ili 2. dužinu dijelimo pridruženim pravcima prozora. Segment koji je s vanjske strane odbacujemo. Postupak se ponavlja sve dok ne dobijemo trivijalan slučaj.

Neka je redoslijed provjere odozgo-prema-dolje (top-to-bottom) i s desna na lijevo.

Ovaj redoslijed odgovara redoslijedu bitova s lijeva na desno u kodu pridruženom točkama. 3210

http://www.cs.princeton.edu/~min/cs426/jar/clip.html

Odsijecanje poligona http://www.cs.rit.edu/~icss571/clipTrans/PolyClip.html

http://www.gris.uni-tuebingen.de/grisalt/projects/grdev/applets/clipping/html/index_en.html

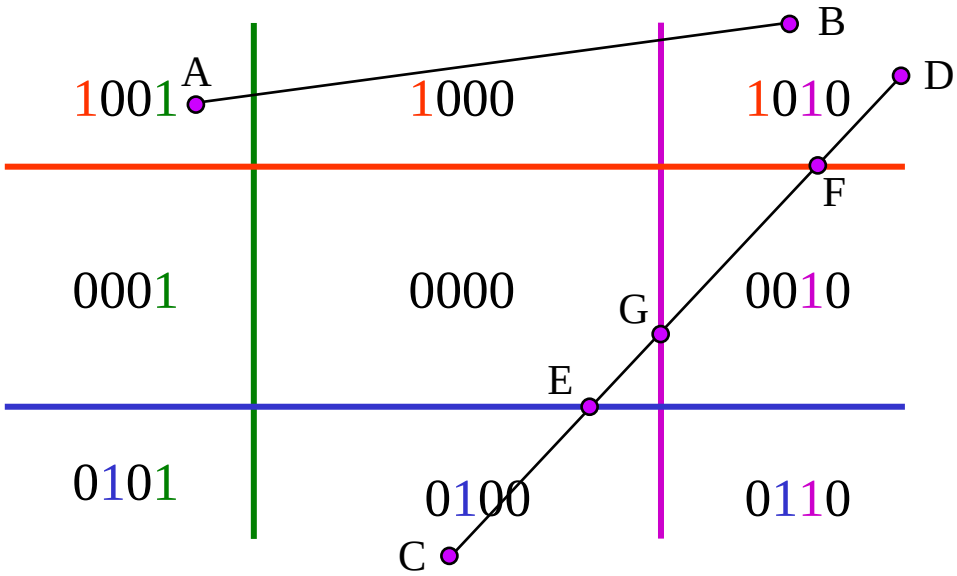
Npr.: C=0100 i D =1010 $\rightarrow$ E=0000 i D =1010 $\rightarrow$ E=0000 i F =0010 $\rightarrow$ E=0000 i G =0000

Sjecište E odredi se ($x= x_c+(x_d-x_c)(y_{min}-y_c)/(y_d-y_c), y_{min}$)

Ukoliko je u istom primjeru redoslijed točaka D =1010 i C =0100 $\rightarrow$ FC $\rightarrow$ GC $\rightarrow$ GE

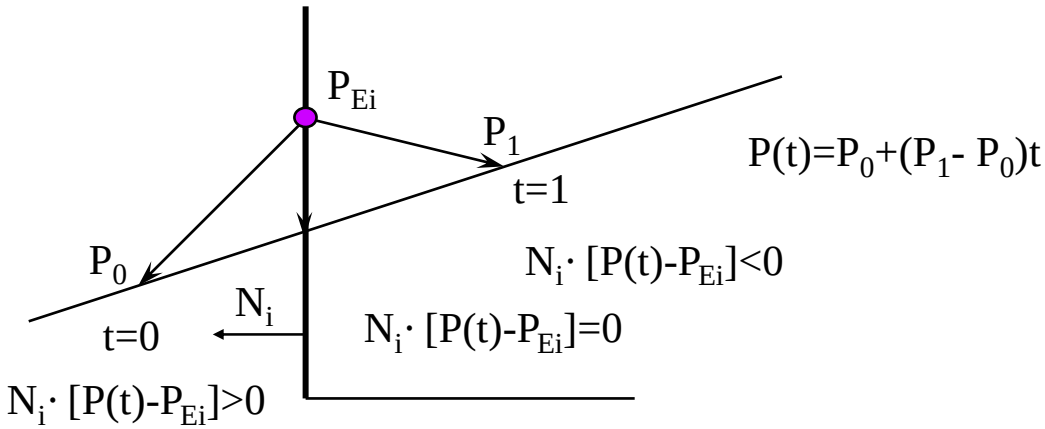
Postupak se jednostavno proširuje na više dimenzija.

Nedostatak – nepotrebno računanje "vanjskih" sjecišta npr. F.



2. Algoritam Cyrus-Beck

- parametarski algoritam odsijecanja
- odsijecanje 2D dužine obzirom na konveksni poligon
- odsijecanje 3D dužine obzirom na konveksno tijelo



- Neka je E_i brid (ili poligon), a N_i normala na zadani brid (poligon).

Točka P_{EI} proizvoljna je točka na bridu (na primjer vrh).

Za sjecište pravca i brida vrijedi:

$$N_i \cdot [P(t)-P_{Ei}] = 0$$

Za P(t) uvrstimo jednadžbu pravca.

$$N_i \cdot [P_0+(P_1- P_0)\, t-P_{Ei}] = 0$$

$$N_i \cdot (P_0- P_{Ei})+ N_i \cdot (P_1- P_0)\, t = 0$$

$$t = \frac{N_i \cdot [P_0 - P_{Ei}]}{-N_i \cdot D}, \quad D = (P_1 - P_0)$$

Kako ne bi došlo do dijeljenja s nulom treba provjeriti

- $N_i \neq 0$, pogreška
- $D \neq 0$, mora biti $P_1 \neq P_0$
- $D \cdot N_i \neq 0$, $\overline{P_1 P_0}$ je paralelna s bridom E_i

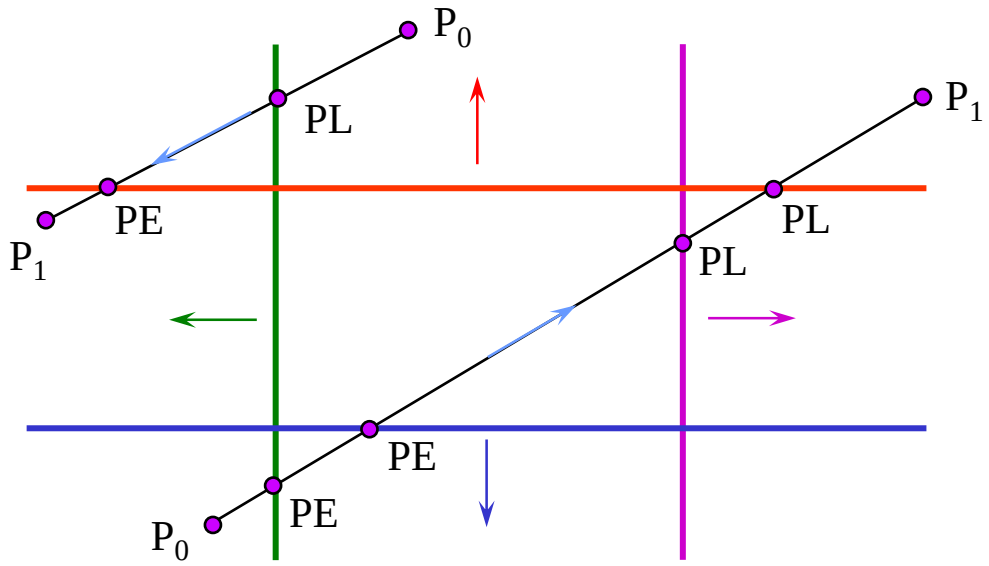
Presjecišta načinimo sa svim pravcima (poligona).

U slučaju prozora imamo četiri sjecišta.

Parametar t mora biti $0 \le t \le 1$ pa inicijalno postavimo PE=0, PL=1;

Sjecišta podijelimo u skupove prema predznaku produkta $N_i \cdot P_0P_1$

- PE potencijalno ulazni - ako je predznak pozitivan, $\text{kut}\left(\overrightarrow{N_i}, \overrightarrow{P_0P_1}\right) > 90^\circ$
- PL potencijalno izlazni – ako je predznak negativan, $\text{kut}\left(\overrightarrow{N_i}, \overrightarrow{P_0P_1}\right) < 90^\circ$



U skupu PE odabere se onaj s najvećim parametrom (većim od nule), a u skupu PL onaj s najmanjim (ali tako da je manji od 1).
Ukoliko je $t_E > t_L$ dužina nije vidljiva.

Algoritam vrijedi za konveksne poligone.

Ako radimo s pravokutnim uspravnim prozorom možemo koristiti tablicu:

Brid odsijecanja	N_i	P_{EI}	P_0-P_{Ei}	$t = \frac{N_i \cdot [P_0 - P_{Ei}]}{-N_i \cdot D}$
LIJEVI $x = x_{min}$	(-1, 0)	(x_{min}, y)	(x_0-x_{min}, y_0-y)	$t = \frac{-(x_0 - x_{min})}{(x_1 - x_0)}$
DESNI $x = x_{max}$	(1, 0)	(x_{max}, y)	(x-x_{max}, y_0-y)	$t = \frac{(x_0 - x_{max})}{-(x_1 - x_0)}$
DONJI $y = y_{min}$	(0, -1)	(x, y_{min})	(x_0-x, y_0-y_{min})	$t = \frac{-(y_0 - y_{min})}{(y_1 - y_0)}$
GORNJI $y = y_{max}$	(0, 1)	(x, y_{max})	(x_0-x, y_0-y_{max})	$t = \frac{(y_0 - y_{max})}{-(y_1 - y_0)}$

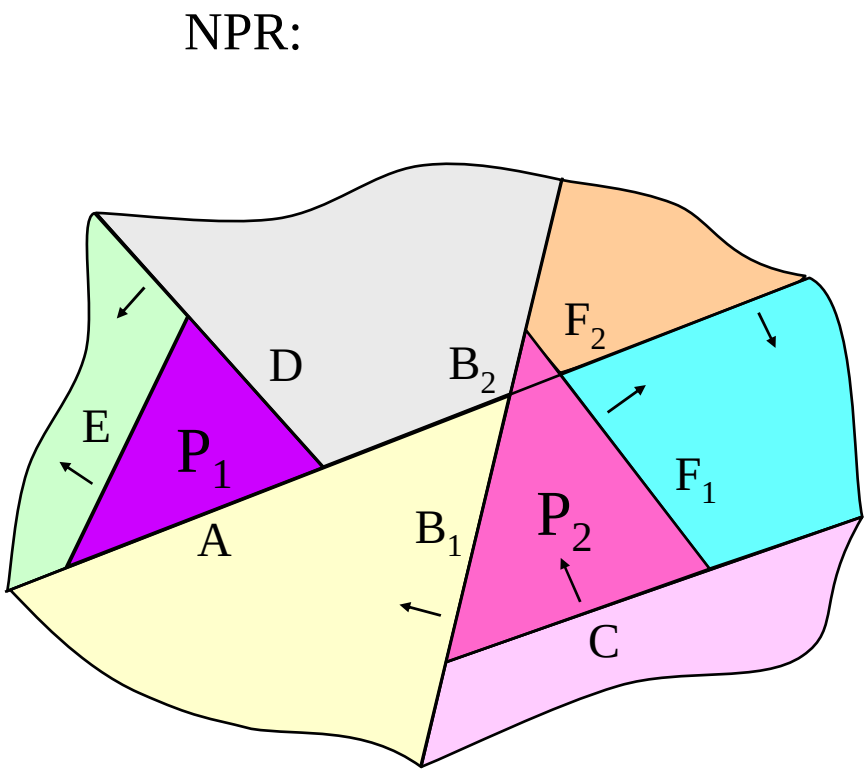
BSP – stabla (eng. Binary Space Partitioning)

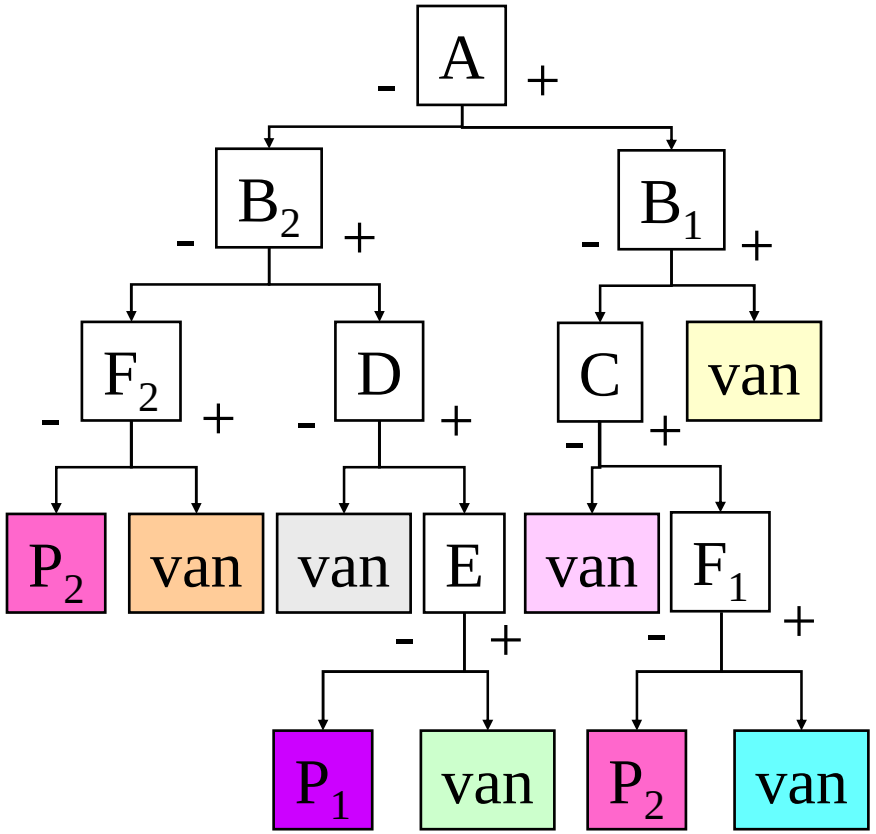
Binarna podjela prostora. Koristi se npr. za detekciju kolizija.

Algoritam je prikazan u dvije dimenzije i lako se proširi na tri dimenzije.

Prvo je potrebno sagraditi binarno stablo (balansirano).

NPR:





Pretraživanje stabla.

BSP – stabla

- pretraživanje stabla – množimo ispitnu točku s jednadžbama ravnina sve dok nije određen podprostor u kojem se točka nalazi
- određivanje vidljivosti

Po stablu iscrtavamo (tree->frontChild), (tree->root), (tree->backChild)

ovisno o položaju očišta po redoslijedu:

```
BSP_display(BSP_tree tree) {
    if (!EMPTY(tree)) {
        if (observer is located on front of root) {
                BSP_display(tree->backChild);
                displayPolygon(tree->root);
                BSP_display(tree->frontChild); }
        else {
                BSP_display(tree->frontChild);
                displayPolygon(tree->root);
                BSP_display(tree->backChild); } } }
```

Npr: BSP – određivanje vidljivosti

Neka je očište u području *

http://www.symbolcraft.com/graphics/bsp/index.php

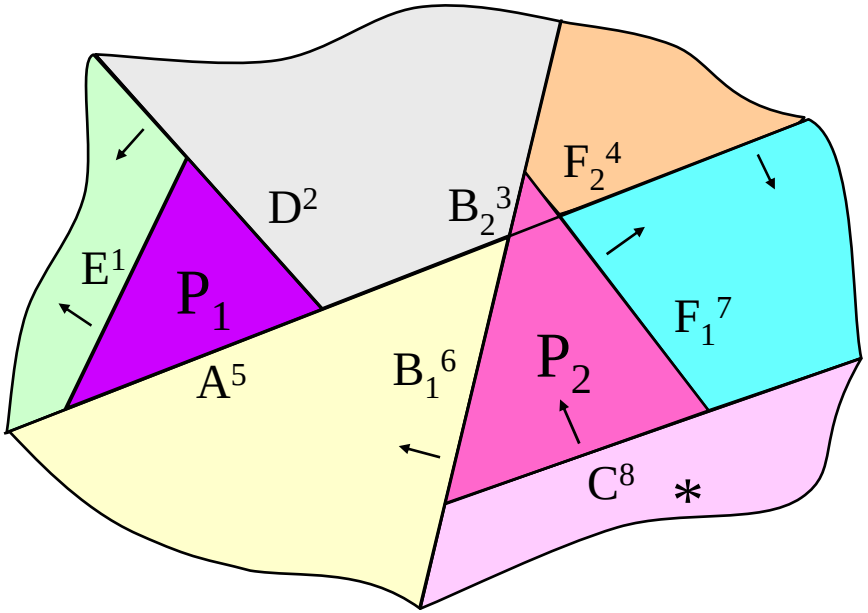
Redoslijed iscrtavanja je:

http://www.zemris.fer.hr/predmeti/rg/seminari/07_Prokopec/index.html

E D B_2 F_2 A B_1 F_1 C

Iscrtavanje Painter's algoritmom.

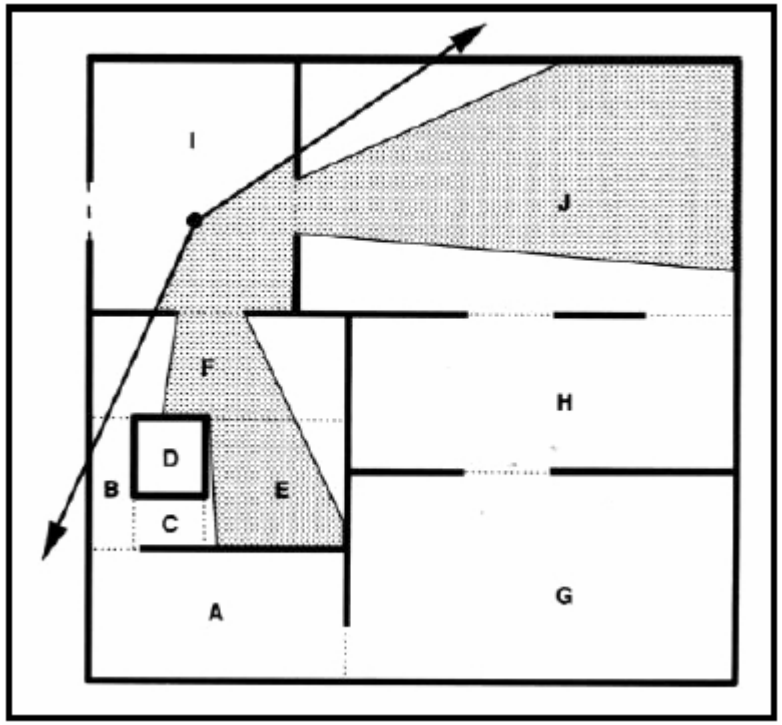
U dijelu izgradnje stabla samim algoritmom osigurano je da se netrivijalni slučajevi podjele u trivijalne segmente.



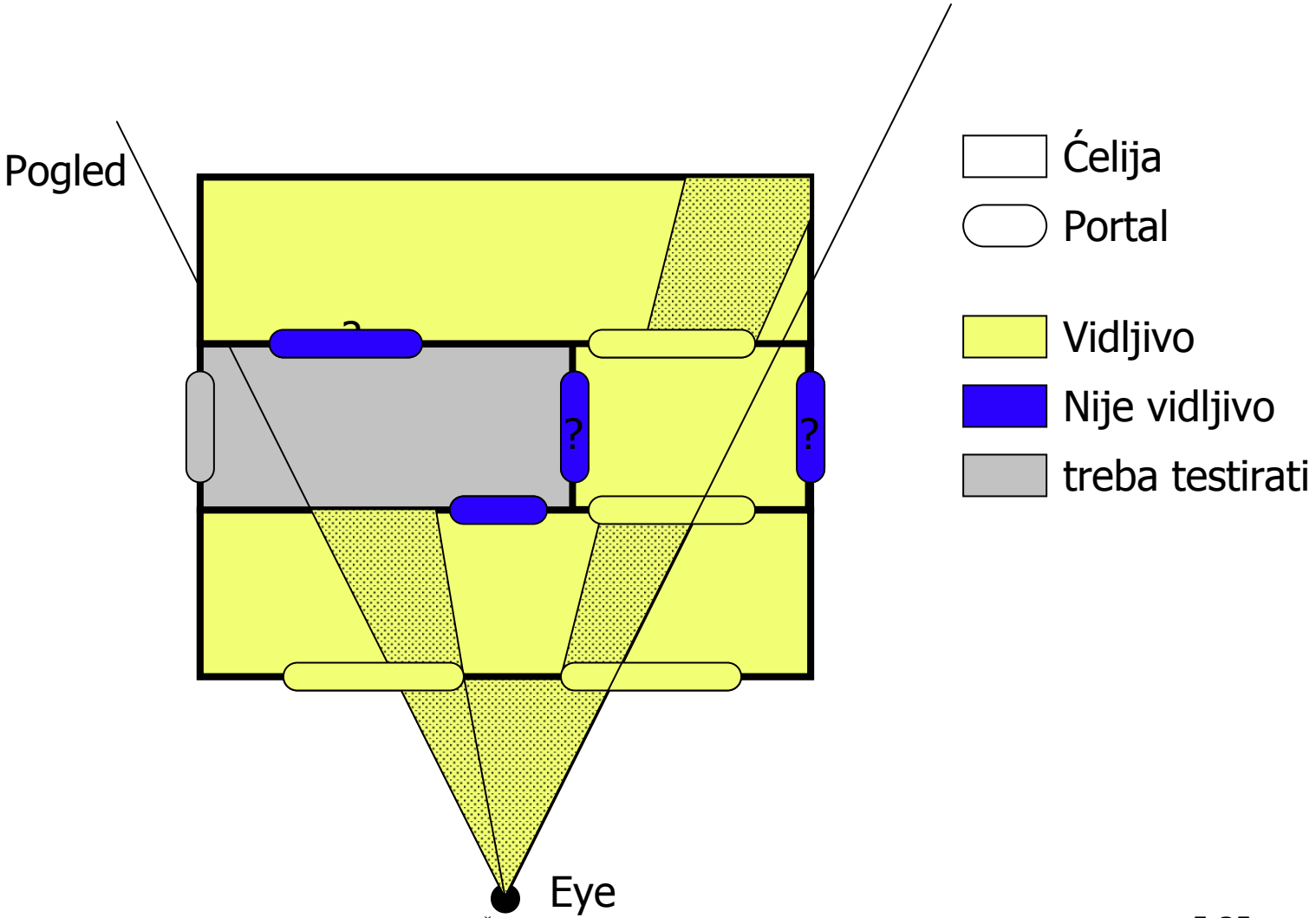
Uklanjanje poligona (eng. culling)

- uklanjanje stražnjih poligona
- uklanjanje poligona (objekata) izvan piramide pogleda (eng. view frustum)
- uklanjanje zaklonjenih poligona (objekata) (eng. occlusion culling)

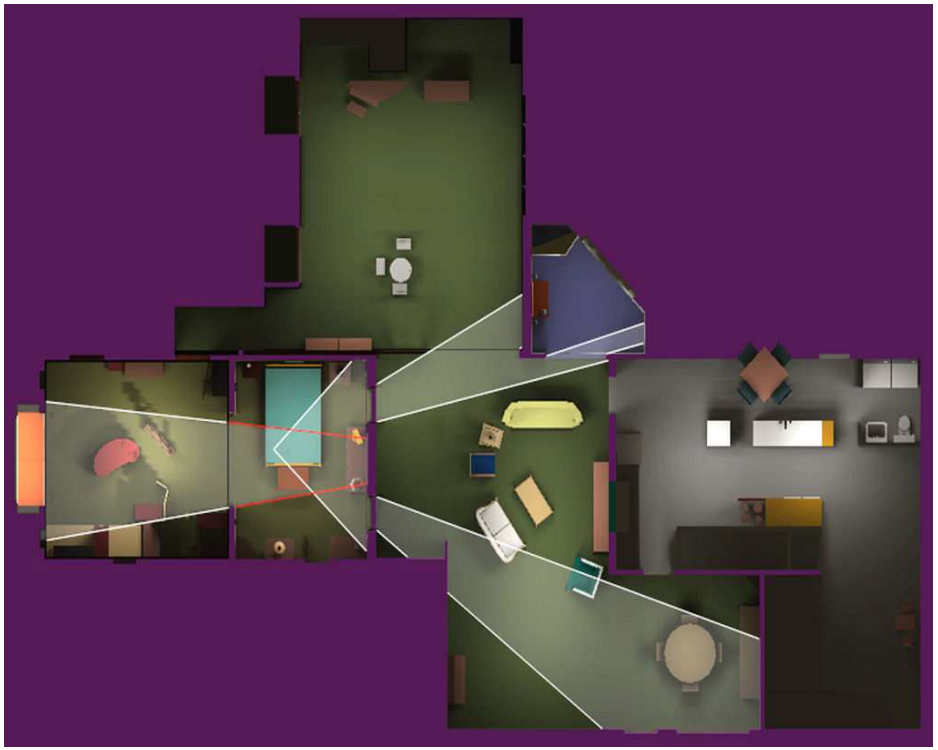
Ukoliko objekti nisu prozirni možemo ukloniti stražnje poligone.
Npr. na osnovi kuta između normale i vektora prema očištu.
Ukoliko nema zrcaljenja možemo ukloniti poligone (objekte) koji nisu vidljivi.
Potrebno je načiniti efikasne hijerarhijske grafove složenih scena.
(ćelije i portali)



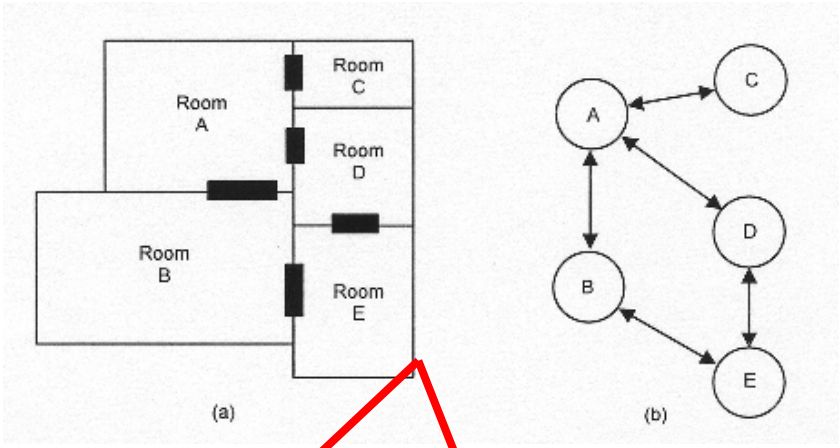
Ćelije i portali

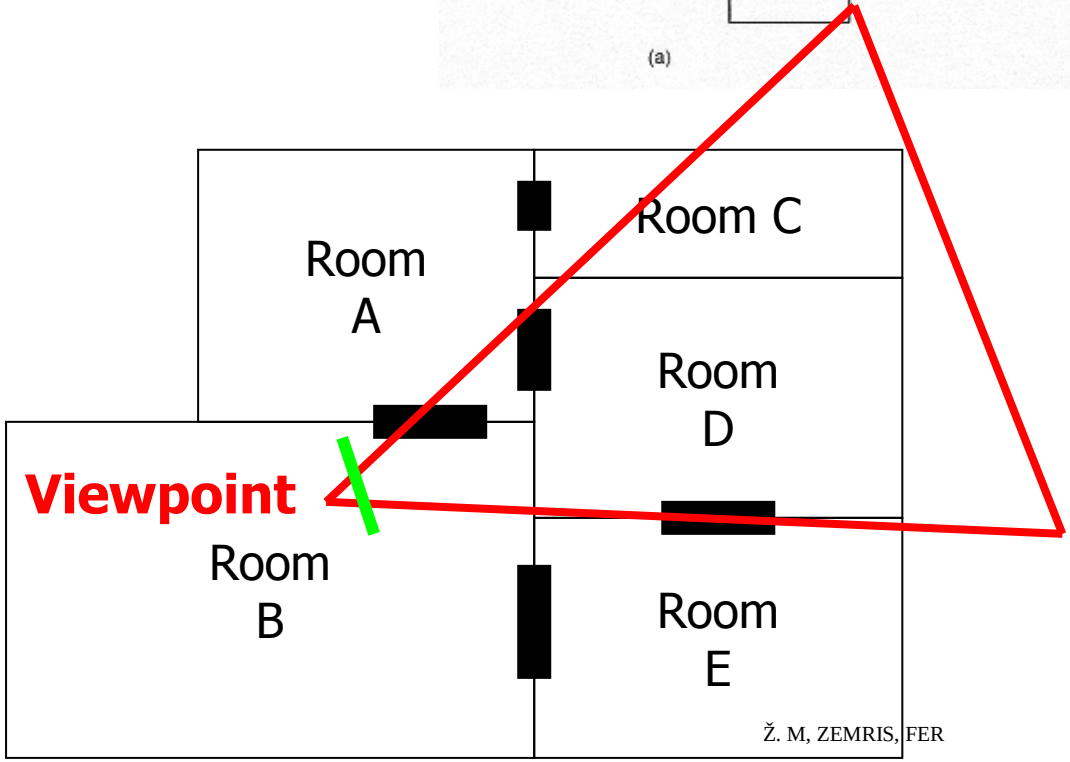


- primjer ćelija i portala
  - pogodni za unutarnje prostore
  - efikasni (brzo rade i malo memorije zauzimaju)



PVS potencijalno vidljivi skup (engl. Potentially visible set)





PVS = B, A, D

Promjena složenosti prikaza (eng. LOD level of detail)

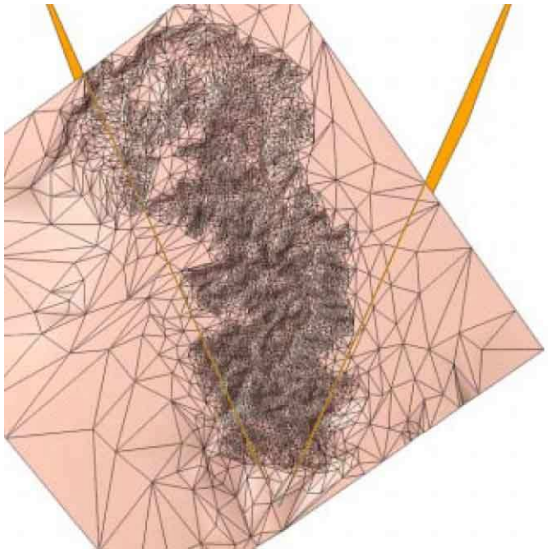
Unaprijed se pohrane objekti s različitim brojem poligona.

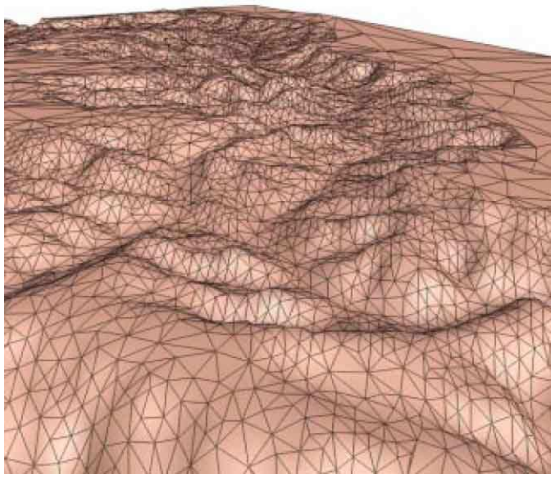
Ovisno o udaljenosti prikazuje se različita razina složenosti,

a između se interpolira.

Geometrijski preobražaj iz jednog oblika u drugi (engl. morphing),

geomorfi.





Grafički protočni sustav – uklanjanje skrivenih linija i površina

- geometrijski sustav (3D koordinate FP)
  - pretraga grafa scene
  - transformacije
  - proračun osvjetljenja u vrhovima
  - uklanjanje stražnjih poligona (eng. back face culling)
  - odsijecanje (eng. view volume clipping)

- rasterski sustav (diskretne koordinate)
  - Z-spremnik *** http://www.cs.technion.ac.il/~cs234325/
  - http://www.fsz.bme.hu/~szirmay/radiosit/z.html
  - sjenčanje
  - perspektivno ispravna intepolacija z-koordinate

U svim algoritmima prisutni su problemi zaokruživanja i numeričkih pogrešaka koji izazivaju vidljive učinke na rezultatu.

Npr:

http://www.ibiblio.org/e-notes/3Dapp/Mount.htm

Pogreška u Z-spremniku (premala dubina z-spemnika ili raspon z-koordinate)