

## ÁRNYÉKOLÁS

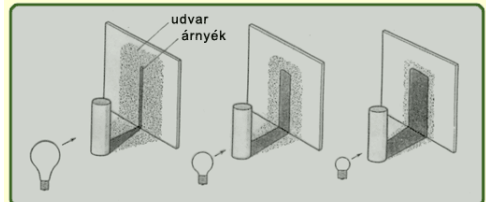
**Az árnyékolás általánosan**  
**Egyszerű árnyék**  
**Árnyék generálása pásztázó-vonal algoritmussal**  
**Kétmenetes árnyékolási algoritmus**  
**Árnyék tér**  
**Kétmenetes z-pufferes árnyékolási algoritmus**

## Az árnyékolás általánosan

**Az árnyékolás általánosan**    **Árnyék (Shadow)**

Algoritmus, amely meghatározza, hogy melyik felszín látható a fényforrásból nézve

Általában bonyolult (sok mindentől függ, pl. a fényforrás méretétől)



## Az árnyékolás általánosan

**Egyszerűsítés:**  
**Pontszerű fényforrásokra:**

$$I_\lambda = I_{a\lambda} k_a O_{a\lambda} + \sum S_j f_{attj} I_{p\lambda} [k_d O_{d\lambda} (N \cdot L_i) + k_s O_{s\lambda} (R_i \cdot V)^n]$$

Ahol

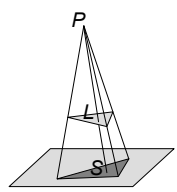
$$S_j = \begin{cases} 0, & \text{ha az } i \text{ forrásból ez a pont nem látszik} \\ 1 & \text{különbén.} \end{cases}$$

Csak poligon határu testekkel foglalkozunk egyetlen fényforrás esetén: egyszerű árnyék

## Egyszerű árnyék

**1.** (Blinn 1988) Egyetlen tárgy árnyéka sík felszínen

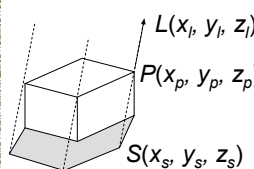
Pl. pontszerű fényforrás esetén az árnyék a vízszintes síklapon ( $z_S = 0$ ) perspektív vetítéssel

$$M_{per} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 1 \end{pmatrix}$$


## Egyszerű árnyék

Tetszőleges helyzetű síklap: transzformáció, vetítés

Pl.: párhuzamos megvilágításnál: síklap  $\rightarrow z = 0$



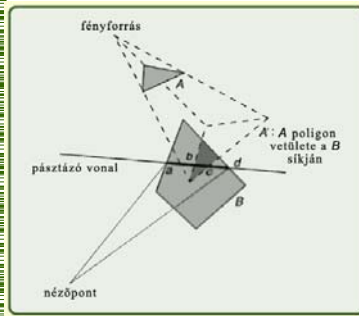
$$M_{par} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -x_l/z_l & 0 \\ 0 & 1 & -y_l/z_l & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Árnyékolás: parallel

poligon  $\xrightarrow{\text{projekció}}$  vetített poligon  $\xrightarrow{\text{pásztázás}}$  z-buffer

## Egyszerű árnyék

**2. Árnyék generálás pásztázó-vonal algoritmussal**  
 (APPEL 1968, BOUKNIGHT, KELLEY 1970)



A látható felszín meghatározására szolgáló pásztázó-vonal algoritmus kibővítése árnyék generálással

### Árnyék generálása pásztázó-vonal algoritmussal

A **B** poligonon az **A** poligon vetülete (**A'** poligon) adja meg az árnyékot

Tehát a pásztázó vonal és **A'** metszéspontjai határozzák meg az árnyék határait

Az árnyék „ki-be kapcsolása” ugyanúgy történik, mint a látható felszín meghatározásánál

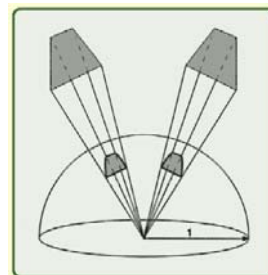
Sok számolás:  $n$  poligon esetén  $n(n-1)$  vetület számítása

### Árnyék generálása pásztázó-vonal algoritmussal

**Gyorsítás:** Előfeldolgozás

A poligonok vetítése egy, a fényforrás köré írt gömb felszínére.

Ha a vetületeknek (kiterjedésüknek) nincs közös része, akkor nem árnyékolhatják egymást - ezeket a párokat kiszűrjük



### Árnyék generálása pásztázó-vonal algoritmussal

**Adatstruktúra:** látható felszín, árnyék

**Algoritmus:**

Pásztázás - a látható szakaszokra megvizsgáljuk, hogy árnyékban vannak-e

### Árnyék generálása pásztázó-vonal algoritmussal

**Esetek:**

Ha az aktuális pásztázandó szakaszhoz nincs árnyékoló poligon, akkor normális pásztázás, különben

ha az árnyékoló poligon nem takarja a pásztázó szakaszt, akkor normális pásztázás,

ha teljesen takarja, akkor árnyékolás,

ha részben takarja, akkor a pásztázó szakaszt részekre osztjuk, és a részekre megismételjük az eljárást.

### Egyszerű árnyék

#### 3. Kétmenetes árnyékolási algoritmus

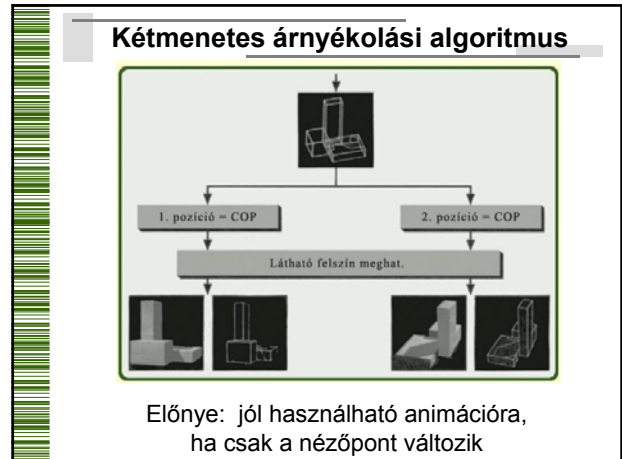
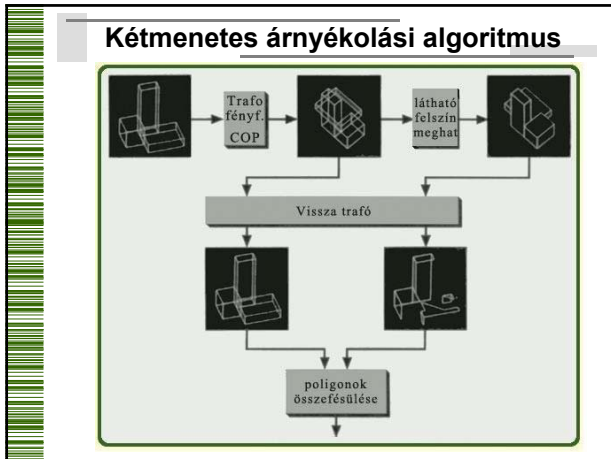
(ATHERON, WEILER, GREENBERG 1978)

**Észrevétel:** csak azokat a poligonokat kell árnyékolni, amelyek

- láthatók a nézőpontból és
- nem láthatók a fényforrásból

#### Kétmenetes árnyékolási algoritmus

1. lépés: A fényforrásból látható felszín meghatározása (a megvilágított poligonok listája)
  - a) transzformáció: vetítés a fényforrásból
  - b) látható felszín meghatározása
  - c) vissza transzformáció
2. lépés: a poligonok adatbázisának összefésülése (mi van árnyékban és mi nincs)
3. lépés: a nem látható felszínek eltávolítása (a látható poligonok listája)
4. lépés: megjelenítés  
pl. pásztázó vonal algoritmussal



### Egyszerű árnyék

#### 4. Kétmenetes z-pufferes árnyékolási algoritmus

1. lépés: számítsuk ki a z-puffert a fényforrásból nézve
2. lépés: ha egy pont látható (a megfigyelő helyéről), akkor transzformáljuk a fényforrás-középpontú vetítési rendszerbe, ahol a z-puffer tartalmából eldönthető, hogy árnyékban van-e  
 $\equiv$   
 a transzformált pont távolabb van-e a fényforrástól, mint a z-pufferhez tartozó pont?

### Egyszerű árnyék

#### 5. Árnyék tér (Shadow Volumes) (CROW 1977)

**A tárgy árnyék tere:** a térnek az a része, amit a tárgy eltakar a fényforrás elől. „Árnyék poligonok” határolják. A fényforrás helyéből és a tárgy kontúrvonalaiából meghatározható az árnyék tér.

Az árnyék poligonokat nem kell megjeleníteni, de felhasználhatók az árnyékoláshoz.

Az árnyék poligonok síkjának normálisa mutasson az árnyék térből kifelé

### Árnyék tér

Árnyékszám a  $P$  pontban:  $s(P)$

A nézőpont felé néző árnyék poligon:  $s(P)=s(P)+1$

Hátra néző árnyék poligon:  $s(P)=s(P)-1$

$P$  árnyékban van  $\iff s(P) > 0$

### Árnyék tér

Példák: Árnyékban van-e **A**, **B** és **C**?  
**V** a megfigyelő

$VA : +1$	$\iff s(A) = 1$	$VA : 1 - 1 + 1$	$\iff s(A) = 1$
$VB : +1 - 1$	$\iff s(B) = 0$	$VB : 1 + 1 - 1$	$\iff s(B) = 1$
$VC : +1 + 1$	$\iff s(C) = 2$	$VC : 1 - 1 + 1 + 1$	$\iff s(C) = 2$