

Felületmegjelenítés

[Megjelenítés paramétervonalakkal](#)

[Drótvázás megjelenítés](#)

[Megjelenítés takarással](#)

[Triviális hátsólap eldobás](#)

[A z-puffer algoritmus](#)

[Megvilágítás és árnyalás](#)

Megjelenítés paramétervonalakkal

Ha $(u, v) \rightarrow \mathbf{x}(u, v)$ egy felület paraméterezése, akkor a felület egy lehetséges megjelenítése az $u \rightarrow \mathbf{x}(u, v_j)$ ($j = 1, 2, \dots, M$) és a $v \rightarrow \mathbf{x}(u_k, v)$ ($k = 1, 2, \dots, N$) görbeseregek megjelenítésével történhet.

Speciális eset: az $f : [a, b] \times [c, d] \rightarrow \mathbf{R}$ kétváltozós folytonos függvény grafikonjának megjelenítése: az $x \rightarrow (x, y_j, f(x, y_j))$ ($j = 1, 2, \dots, M$) és az $y \rightarrow (x_k, y, f(x_k, y))$ ($k = 1, 2, \dots, N$) térgörbék megjelenítésével.

Szemléletesen: a felületet térbeli „négyzetekkel” rakjuk ki, melyek csúcspontjai ($j = 1, 2, \dots, M$, $k = 1, 2, \dots, N$ -re):

$$\begin{aligned} & (x_k, y_j, f(x_k, y_j)), (x_{k+1}, y_j, f(x_{k+1}, y_j)), \\ & (x_{k+1}, y_{j+1}, f(x_{k+1}, y_{j+1})), (x_k, y_{j+1}, f(x_k, y_{j+1})), \end{aligned}$$

Drótvázás megjelenítés

Általános megközelítés: a felület kirakása sokszögekből (általában: háromszögekből). Csak a sokszögek oldalait megjelenítve: ez a *drótvázás megjelenítés*.

A paramétervonalas megjelenítés is drótvázás megjelenítés.

Könnyen programozható, de a felület térbeli látszata gyenge.

Javítások:

- távolabbi pontok halványabbak
- felületi sokszögek belsejének kifestése kitakarással
- megvilágítás és árnyalás alkalmazása
- árnyék alkalmazása

Háromszögháló jellegzetes adatstruktúrája:

Csúcspontok listája:

N
1 x1 y1 z1
2 x2 y2 z2
...
N xN yN zN

Háromszögek listája:

E
1 i11 i12 i13 //csúcspontok indexei
2 i21 i22 i23
...
E iE1 iE2 iE3

Megjelenítés takarással

Példa: az $f : [a, b] \times [c, d] \rightarrow \mathbf{R}$ kétváltozós folytonos függvény grafikonjának megjelenítésekor a felületi

$$(x_k, y_j, f(x_k, y_j)), (x_{k+1}, y_j, f(x_{k+1}, y_j)),$$

$$(x_{k+1}, y_{j+1}, f(x_{k+1}, y_{j+1})), (x_k, y_{j+1}, f(x_k, y_{j+1})),$$

négyszögek ($j = 1, 2, \dots, M$, $k = 1, 2, \dots, N$) belsejét adott színnel (akár a háttérszínnel) kifestjük.

Ugyanez háromszöghálóval borított felületre is megtehető. A megvalósítás algoritmus:

- felületi sokszögek csúcsponti koordinátáinak transzformálása pixelkoordinátákra;
- az így kapott (síkbeli) sokszögek rajzolása, kifestéssel.

Probléma: a láthatóságok (kitakarások) helyes megvalósítása.

Triviális megoldás: a megjelenítés a mélység szerinti csökkenő sorrendben történik („hátról-előre”).

Speciálisan a kétváltozós függvénygrafikon esetén:

```
for j:=n-1 downto 0 do begin //külső ciklus: j csökken
    for k:=0 to n-1 do begin //belső ciklus: k nő
        x0 := k*h; x1 := x0 + h;
        y0 := j*h; y1 := y0 + h;
        paint_rectangle(x0,y0,f(x0,y0),
                        x1,y0,f(x1,y0),
                        x1,y1,f(x1,y1),
                        x0,y1,f(x0,y1), cl_draw,cl_fill);
    end;
end;
```

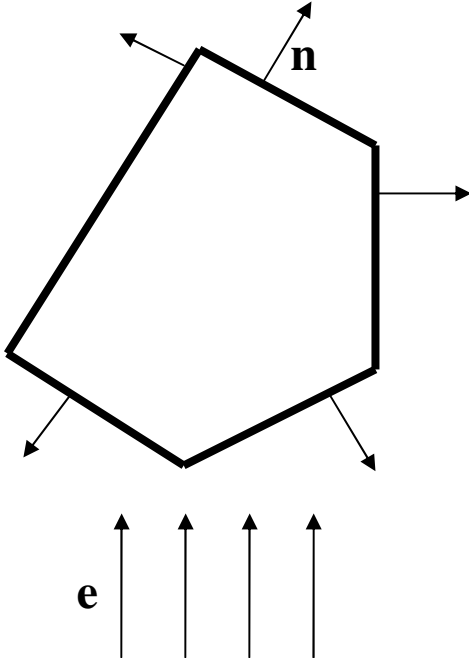
Általánosabb esetben *mélység szerint való rendezés* szükséges!

Háromszögháló esetén elég a súlypontok z -koordinátái szerint rendezni a háromszögeket (a felület minden transzformációja után, kivétel: a z irányú eltolás (zoom))

Ha a felület *zárt és konvex*: triviális hátsólap eldobás. Ekkor nem kell mélység szerint rendezni.

Ha a hardver ezt támogatja: z -puffer algoritmus.

Triviális hátsólap eldobás



Virtuális megvilágítás iránya: $\mathbf{e} (:= (0,0,1))$

Ha valamelyik felületi sokszög \mathbf{n} normálvektora \mathbf{e} -vel hegyesszöget zár be, akkor az a lap hátul van (takarásban), így nem kell megjeleníteni.

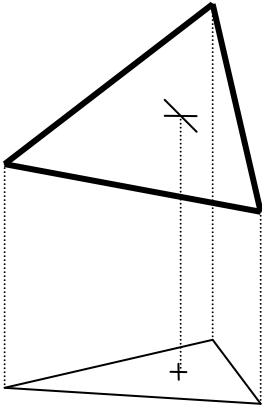
Ha valamelyik felületi sokszög \mathbf{n} normálvektora \mathbf{e} -vel tompaszöget zár be, akkor az a lap elöl van, meg kell jeleníteni.

Elég tehát $\langle \mathbf{e}, \mathbf{n} \rangle$ előjelét tesztelni.

Nincs szükség mélység szerinti rendezésre.

A z-puffer algoritmus

Minden pixelhez a színinformáción kívül egy mélységinformációt (z -koordináta) is rendelünk. Ezek összessége az (adott ablakhoz tartozó) z -puffer. A felületi sokszögek pixelkoordináta-transzformációi során számítsuk a z -értékeket is.



z -érték: a visszatranszformált pont (a sík és az egyenes dőléspontja) z -koordinátája.

Ha az aktuális megjelenítendő ponthoz tartozó z -érték kisebb, mint a z -puffer aktuális tartalmának értéke, akkor a pontot megjelenítjük (az adott színnel), és a z -puffer tartalmát felülírjuk az aktuális z -értékkel.

Megvilágítás és árnyalás

Ha a (takarással megjelenített) felületi sokszögek határoló vonalait (sokszor: a paramétervonalakat) nem jelenítjük meg, a felület térbelisége elvész.

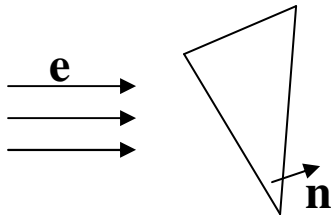
Megoldás: virtuális fényforrás használata és árnyalás.

Megvilágítások:

- **diffúz megvilágítás:** iránya nincs, csak intenzitása (I_0)
- **párhuzamos megvilágítás:** egyetlen \mathbf{e} iránya van ($\|\mathbf{e}\| := 1$), és állandó I_0 intenzitása

- **pontszerű megvilágítás:** ha a fényforrás helye \mathbf{c} , akkor az \mathbf{x} helyen az irány: $\mathbf{e}_x = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{c}}{\|\mathbf{x} - \mathbf{c}\|}$; az intenzitás: $I_{0,x} = \frac{I_0}{\|\mathbf{x} - \mathbf{c}\|^2}$;
- **parallel pontszerű megvilágítás:** egyetlen \mathbf{e} iránya van ($\|\mathbf{e}\| := 1$), és a megvilágítási síktól d távolságra az intenzitás: $I_{0,d} = \frac{I_0}{d^2}$ (a sík normálvektora \mathbf{e}).

Egy \mathbf{n} normálvektorú sokszögön a megvilágítás erőssége:



$$I = I_0 \cdot |\langle \mathbf{e}, \mathbf{n} \rangle| = I_0 \cdot |\cos \alpha|,$$

és ha $\langle \mathbf{e}, \mathbf{n} \rangle > 0$, akkor a lap külső felülete, ha $\langle \mathbf{e}, \mathbf{n} \rangle < 0$, a belső felülete van megvilágítva.

A látszólagos szín a megvilágítás erősségének függvényében:

$$r := I \cdot r_0, \quad g := I \cdot g_0, \quad b := I \cdot b_0,$$

ahol (r_0, g_0, b_0) a valódi szín.

Felületi normálvektor meghatározása: ha P_1, P_2, P_3 egy felületi háromszög pozitív körüljárási irányban, akkor a kifelé mutató felületi normálvektor:

$$\mathbf{n} = \frac{(P_2 - P_1) \times (P_3 - P_1)}{\|(P_2 - P_1) \times (P_3 - P_1)\|}$$

Árnyalások:

- **Flat árnyalás:** a felületi sokszög minden pontjában a megvilágítás erőssége konstans („szögletes” felületi hatást eredményez);
- **Gouraud árnyalás:** a felületi sokszögek csúcspontjaihoz egy-egy megvilágítás-erősség érték tartozik, a a sokszög belsejében a megvilágítás erőssége a csúcsponti értétekből interpolációval adódik (simább felületi hatást eredményez).

További felületmegjelenítési technikák:

- felületi árnyalás + paramétervonalak megjelenítése;
- felület saját színe + a megvilágítás színe;
- felület fényvisszaverő képességének szabályozása;
- felület átlátszóságának szabályozása;
- felület textúrázása;
-