

Stereovidenie
Cvičenia z Počítačového Videnia

Zuzana Haladová
Júlia Kučerová

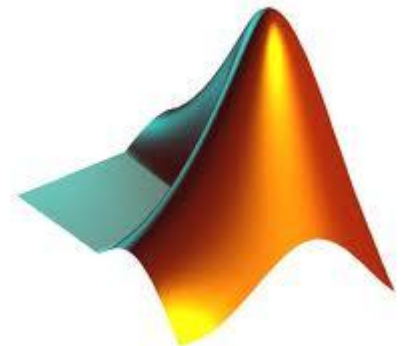
Stereovidenie

Geometria dvoch kamier

- Epipolárna geometria
- Kanonické stereo

Určenie fundamentálnej matice

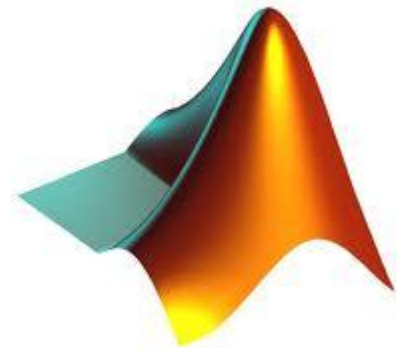
Fotometrické stereo



Geometria dvoch kamier

Pri tejto geometrii môžeme predpokladať 2 prípady:

- **Epipolárna geometria** - premietacie roviny kamier neležia v jednej rovine
- **Kanonické stereo** - premietacie roviny kamier ležia v jednej rovine



Epipolárna geometria

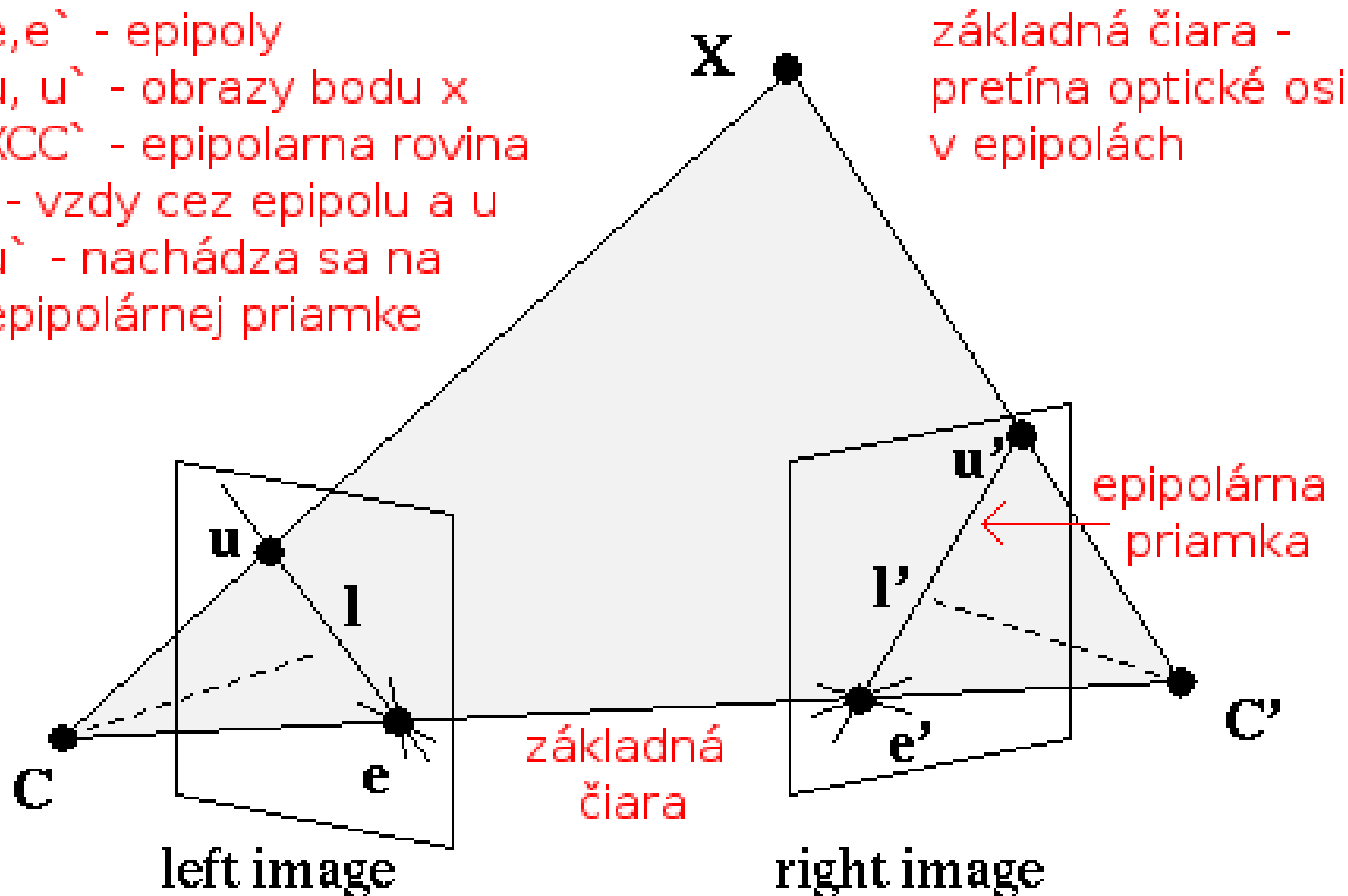
e, e' - epipoly

u, u' - obrazy bodu x

XCC' - epipolarna rovina

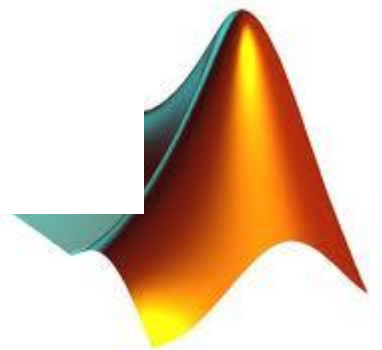
l - vždy cez epipolu a u

u' - nachádza sa na epipolárnej priamke



prevádza dvojrozmerné hľadanie na jednorozmerné

Figure 9.8 *Epipolar geometry in stereopsis.*



Epipolárna geometria

C, C' - ohniskové body kamier

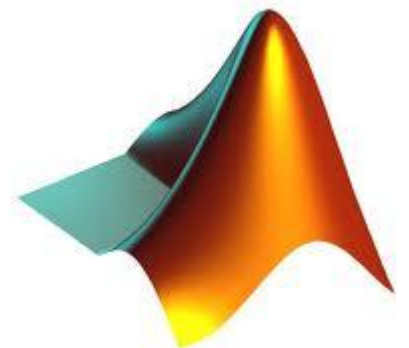
X – bod, ktorý premietame

u, u' - obrazy bodu X

e, e' - epipoly

l, l' - epipolárne priamky

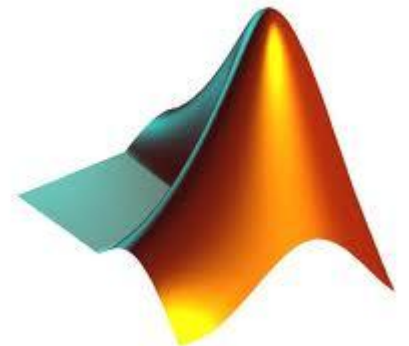
$CC'X$ – epipolárna rovina



Epipolárne ohraničenie

Pri hľadaní korešpondujúcich obrazov bodu, musíme tieto obrazy hľadať v dvojrozmernom priestore oboch zobrazovacích rovín.

Epipolárne ohraničenie nám toto hľadanie zjednoduší na jednorozmerný prípad.



Epipolárne ohraničenie

Máme určené

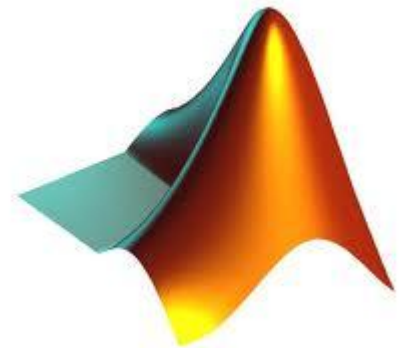
- bod $X \in Cu$ (polpriamka)
- u : obraz bodu X

Vieme

- $u' \in CC'X$
- $u' \in$ druhej premietacej roviny
- ich prienik je priamka Γ' , $u' \in \Gamma'$

Chceme nájsť

- korešpondujúci bod u' , $X \in Cu'$

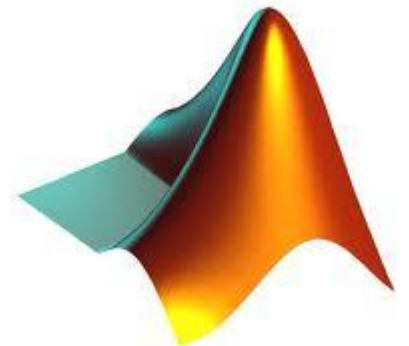


Kanonické stereo

Kanonické stereo je špeciálny prípad
epipolárneho

Jednoduchšia rekonštrukcia hĺbky

Rektifikácia – proces otáčania jednej
kamery, kým obe nebudú rovnobežné



Kanonické stereo

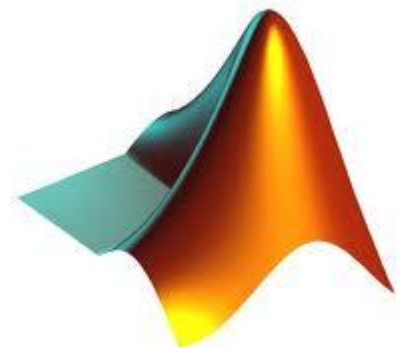
Kamery sa nachádzajú „vedľa seba“

Priemetne ležia v jednej rovine

Základňa je rovnobežná s horizontálnou
súradnicovou osou súradnicových
systémov kamier

Ravnobežné optické osi

Epipoly sa nepretínajú



Kanonické stereo

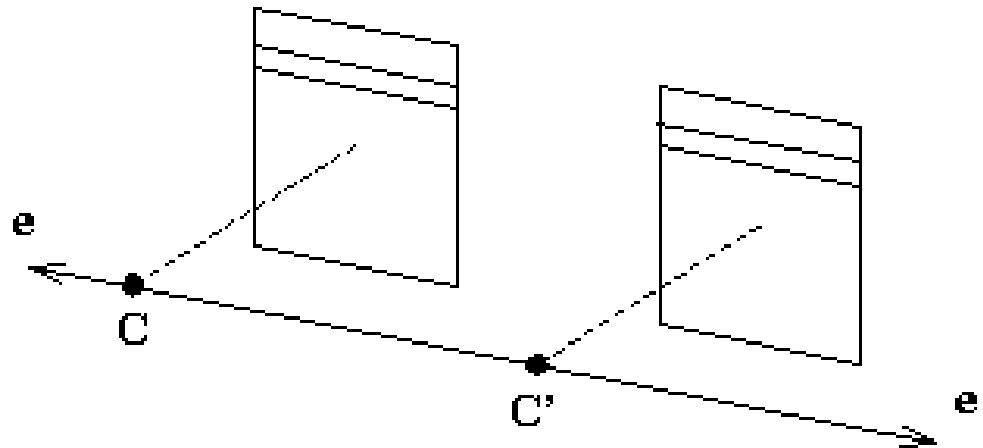
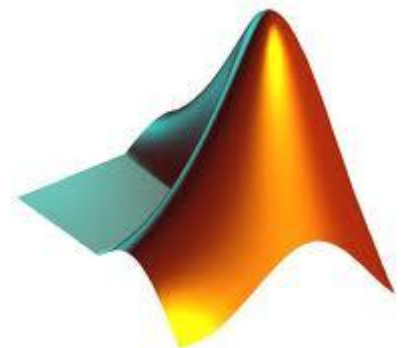


Figure 9.9 *The canonical stereo configuration where the epipolar lines are parallel in the image, and epipoles move to infinity.*



Kanonické stereo

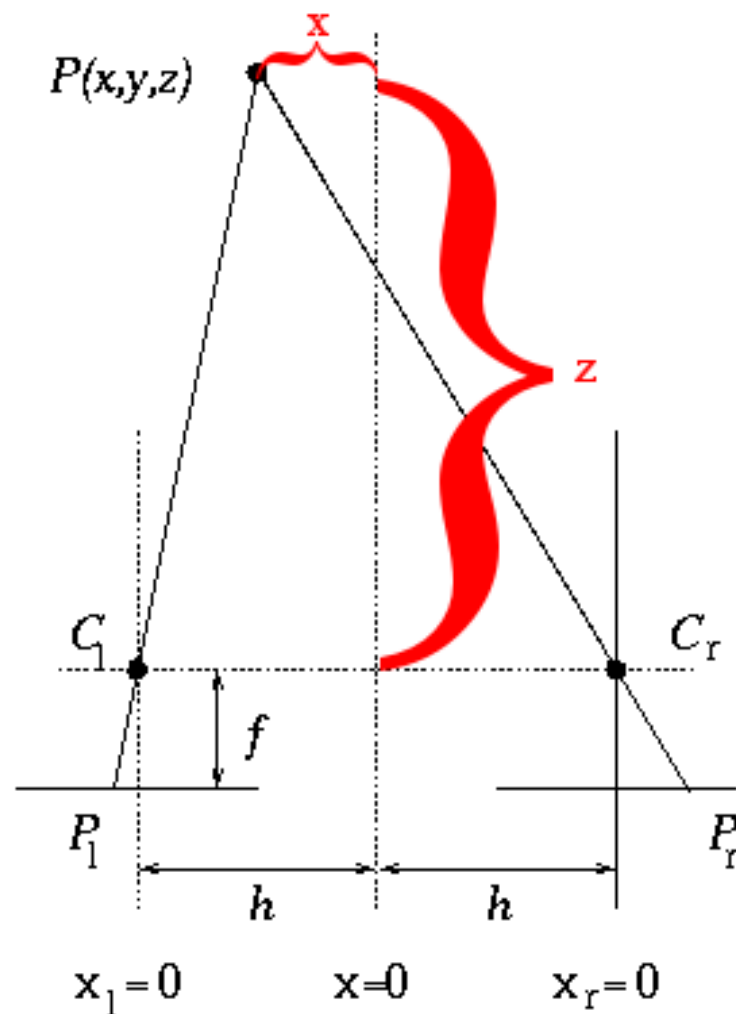
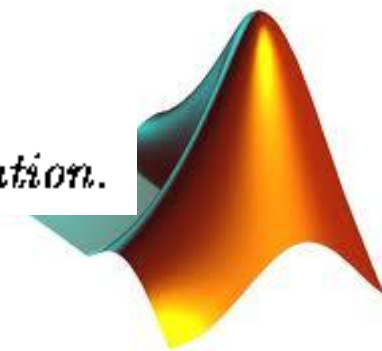


Figure 9.10 *Elementary stereo geometry in canonical configuration.*



Kanonické stereo

Poznáme

$2h$ – vzdialenosť medzi kamerami

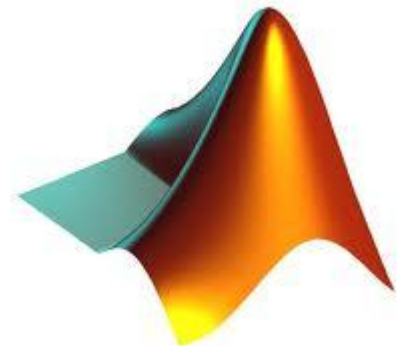
pozícia ohnísk

f – ohnisková vzdialenosť

P_l, P_r - priemety bodu P

Chceme zistiť

z -ovú súradnicu bodu P



Kanonické stereo

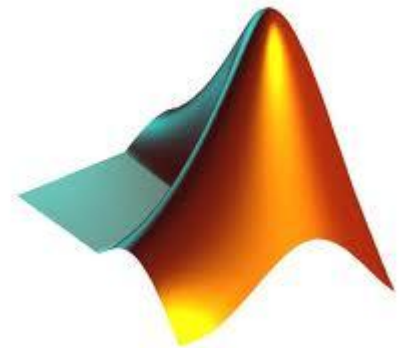
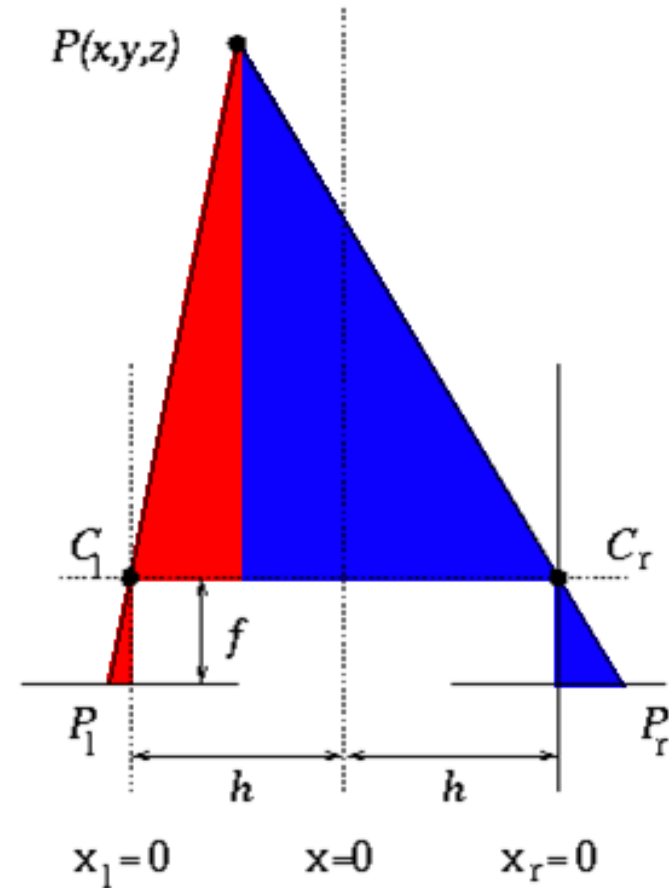
Kamery: $z=0$

Každý obrázok má

vlastnú ss

Využijeme podobnosť

trojuholníkov



Kanonické stereo

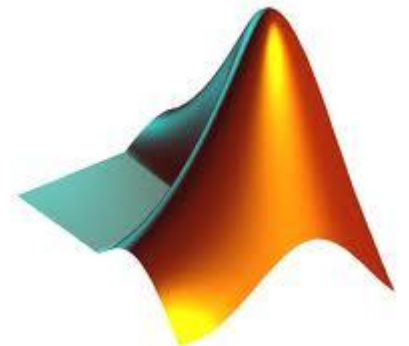
Výpočet z-ovej súradnice bodu v priestore

$$\frac{P_l}{f} = -\frac{h + x}{z}$$

$$\frac{P_r}{f} = \frac{h - x}{z}$$

$$z (P_r - P_l) = 2hf$$

$$z = \frac{2hf}{P_r - P_l}$$



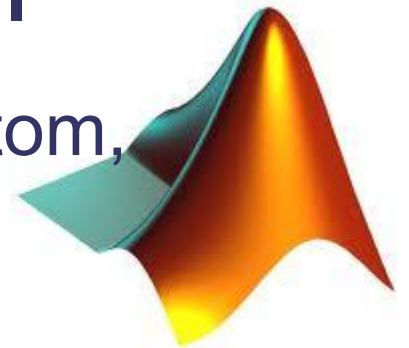
Určenie fundamentálnej matice

Fundamentálna matica:

- hovorí o tom ako medzi sebou súvisia body v dvoch obrázkoch

Pre každý bod u vieme nájsť korešpondujúcu epipolárnu priamku l

- máme jednoznačné zobrazenie $u \rightarrow l$
- fundamentálna matica nám hovorí o tom, ako vyzerá toto zobrazenie



Určenie fundamentálnej matice

Epipolárna geometria

- 7 stupňov voľnosti, 4 sú dané dvojicou súradníc oboch epipol a tri zobrazením ľubovoľných troch epipolárnych priamok v prvom obraze na druhý.
 - 7 dvojíc bodov v ľavom a pravom obraze umožňuje vytvorenie fundamentálnej matice F nelineárnym algoritmom, ktorý je numericky nestabilný.
- Ak máme 8 dvojíc bodov, môže použiť lineárny algoritmus, kt sa nazýva **8-bodový algoritmus**.



Určenie fundamentálnej matice

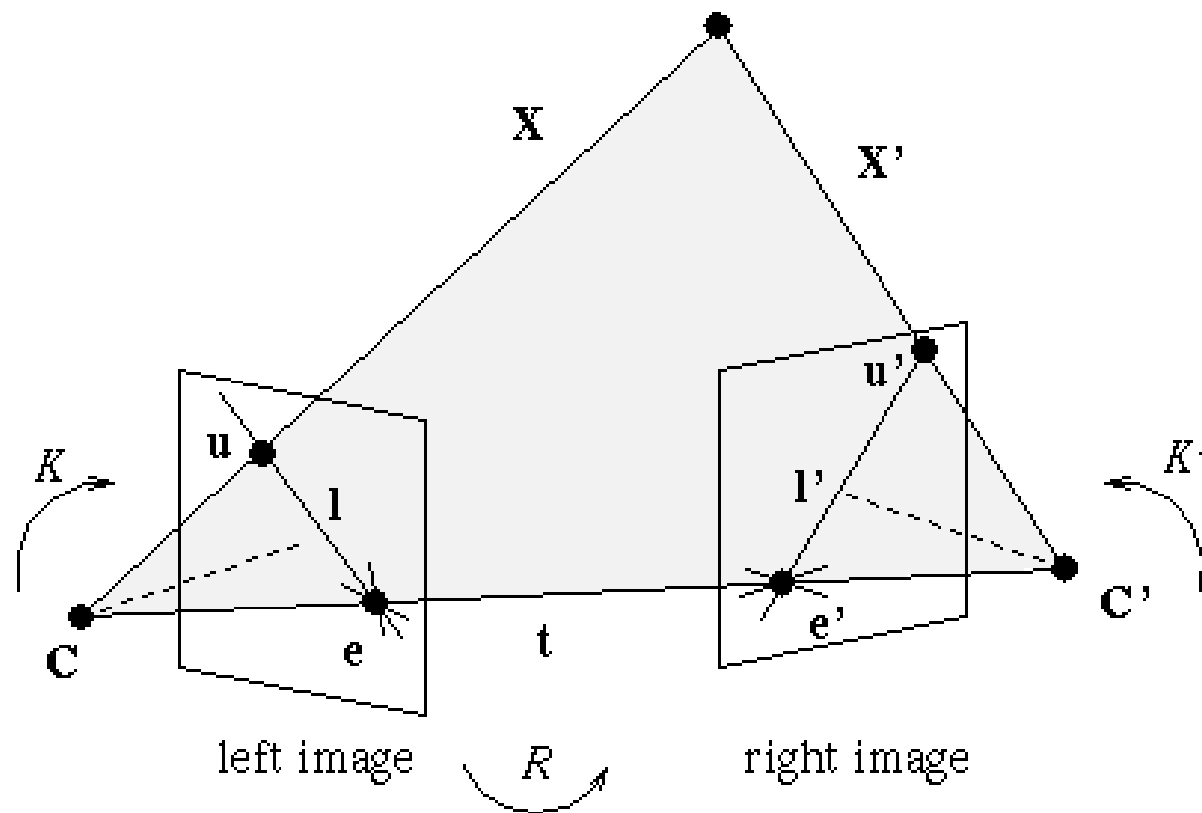
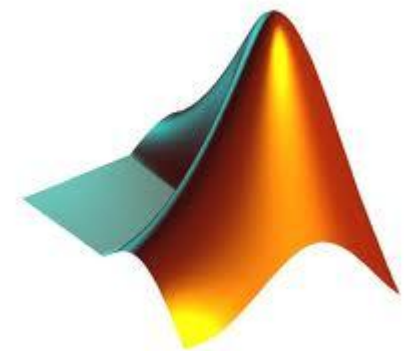


Figure 9.11 *Stereo with nonparallel axes.*

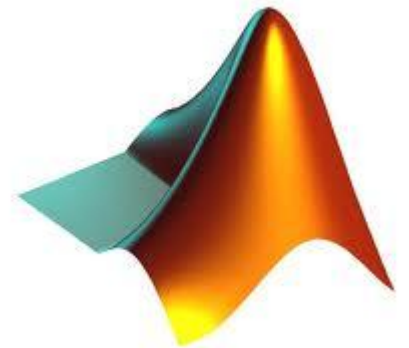


Určenie fundamentálnej matice

$$\mathbf{u}^T \mathbf{F} \mathbf{u}' = 0$$

$$(u_l, v_l, 1) \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_r \\ v_r \\ 1 \end{pmatrix} = 0$$

vzťah medzi dvomi korešpondujúcimi bodmi v
dvoch obrázkoch



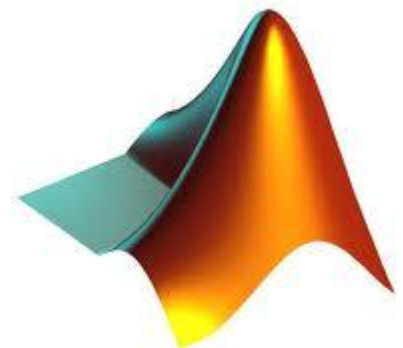
Určenie fundamentálnej matice

$$\mathbf{ul}^* \mathbf{vr}^* \mathbf{F11} + \mathbf{ul}^* \mathbf{vl}^* \mathbf{F12} + \mathbf{ul}^* \mathbf{F13} + \mathbf{vl}^* \mathbf{ur}^* \mathbf{F21} + \\ \mathbf{lv}^* \mathbf{vr}^* \mathbf{F22} + \mathbf{vl}^* \mathbf{F23} + \mathbf{ur}^* \mathbf{F31} + \mathbf{vr}^* \mathbf{F32} + 1 = 0$$

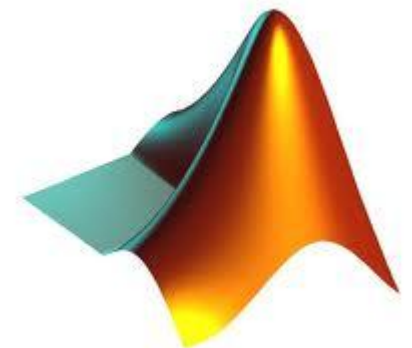
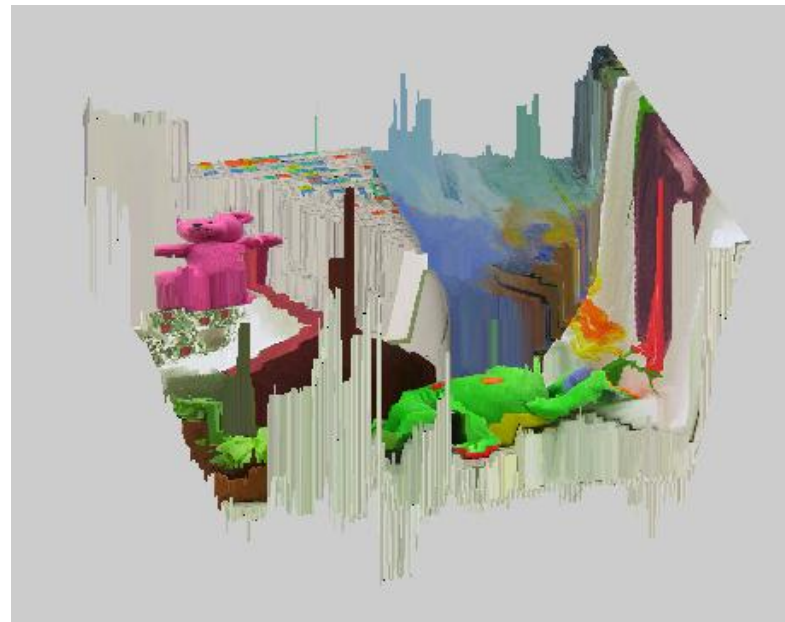
Rovnica s 8 neznámymi

Potrebuje aspoň 8 korešpondujúcich bodov

$$\begin{pmatrix} \mathbf{ul}_1 \cdot \mathbf{ur}_1 & \mathbf{ul}_1 \cdot \mathbf{vr}_1 & \mathbf{ul}_1 & \mathbf{vl}_1 \cdot \mathbf{ur}_1 & \mathbf{vl}_1 \cdot \mathbf{vr}_1 & \mathbf{vl}_1 & \mathbf{ur}_1 & \mathbf{vr}_1 \\ \mathbf{ul}_2 \cdot \mathbf{ur}_2 & \mathbf{ul}_2 \cdot \mathbf{vr}_2 & \mathbf{ul}_2 & \mathbf{vl}_2 \cdot \mathbf{ur}_2 & \mathbf{vl}_2 \cdot \mathbf{vr}_2 & \mathbf{vl}_2 & \mathbf{ur}_2 & \mathbf{vr}_2 \\ \mathbf{ul}_3 \cdot \mathbf{ur}_3 & \mathbf{ul}_3 \cdot \mathbf{vr}_3 & \mathbf{ul}_3 & \mathbf{vl}_3 \cdot \mathbf{ur}_3 & \mathbf{vl}_3 \cdot \mathbf{vr}_3 & \mathbf{vl}_3 & \mathbf{ur}_3 & \mathbf{vr}_3 \\ \mathbf{ul}_4 \cdot \mathbf{ur}_4 & \mathbf{ul}_4 \cdot \mathbf{vr}_4 & \mathbf{ul}_4 & \mathbf{vl}_4 \cdot \mathbf{ur}_4 & \mathbf{vl}_4 \cdot \mathbf{vr}_4 & \mathbf{vl}_4 & \mathbf{ur}_4 & \mathbf{vr}_4 \\ \mathbf{ul}_5 \cdot \mathbf{ur}_5 & \mathbf{ul}_5 \cdot \mathbf{vr}_5 & \mathbf{ul}_5 & \mathbf{vl}_5 \cdot \mathbf{ur}_5 & \mathbf{vl}_5 \cdot \mathbf{vr}_5 & \mathbf{vl}_5 & \mathbf{ur}_5 & \mathbf{vr}_5 \\ \mathbf{ul}_6 \cdot \mathbf{ur}_6 & \mathbf{ul}_6 \cdot \mathbf{vr}_6 & \mathbf{ul}_6 & \mathbf{vl}_6 \cdot \mathbf{ur}_6 & \mathbf{vl}_6 \cdot \mathbf{vr}_6 & \mathbf{vl}_6 & \mathbf{ur}_6 & \mathbf{vr}_6 \\ \mathbf{ul}_7 \cdot \mathbf{ur}_7 & \mathbf{ul}_7 \cdot \mathbf{vr}_7 & \mathbf{ul}_7 & \mathbf{vl}_7 \cdot \mathbf{ur}_7 & \mathbf{vl}_7 \cdot \mathbf{vr}_7 & \mathbf{vl}_7 & \mathbf{ur}_7 & \mathbf{vr}_7 \\ \mathbf{ul}_8 \cdot \mathbf{ur}_8 & \mathbf{ul}_8 \cdot \mathbf{vr}_8 & \mathbf{ul}_8 & \mathbf{vl}_8 \cdot \mathbf{ur}_8 & \mathbf{vl}_8 \cdot \mathbf{vr}_8 & \mathbf{vl}_8 & \mathbf{ur}_8 & \mathbf{vr}_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{F11} \\ \mathbf{F12} \\ \mathbf{F13} \\ \mathbf{F21} \\ \mathbf{F22} \\ \mathbf{F23} \\ \mathbf{F31} \\ \mathbf{F32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$$



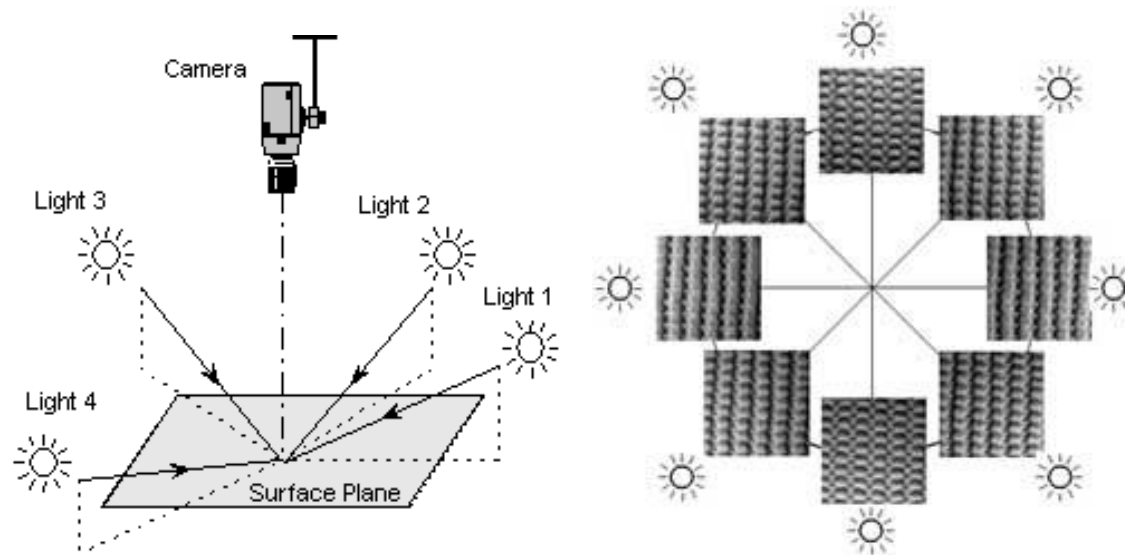
Stereovidenie



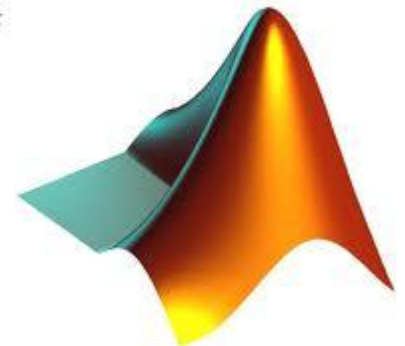
Fotometrické stereo

Technika na určenie povrchových normál
objektu

Viacero obrázkov objektu z rovnakého bodu s
rôznym osvetlením



<http://www.taurusstudio.net/research/pnotex/ps/index.nfm>



Fotometrické stereo

Difúzny objekt môžeme modelovať

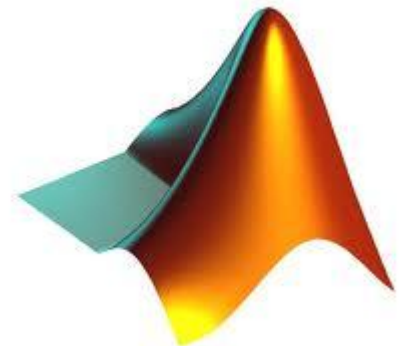
$$I = k_d L \cdot n^T$$

I – intenzita

k_d – ALBEDO

L – smer osvetlenia (jednotkový vektor)

N – normála povrchu (jednotkový vektor)

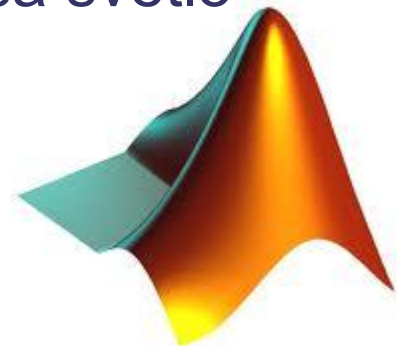


Fotometrické stereo

ALBEDO

- Miera odrazivosti povrchu telesa
- Pomer odrazeného svetla k dopadajúcemu
- Difúzna odrazivosť povrchu
- Veličina bez rozmeru
- BRDF špecifikuje presné odrazivé vlastnosti povrchu,
ALBEDO môžeme považovať za aproximáciu

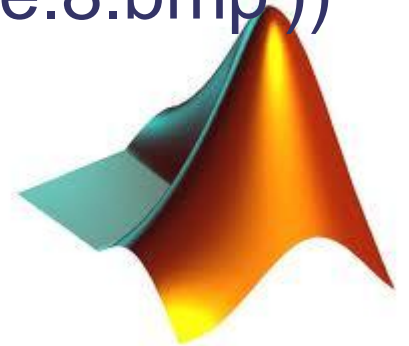
BRDF: 4dimenzionálna funkcia opisujúca ako sa svetlo odráža od matného povrchu



Fotometrické stereo

lightVectors =

```
pv_GetLightVectors('images\chrome.mask.bmp',  
char('images\chrome.0.bmp',  
'images\chrome.1.bmp','images\chrome.2.bmp',  
'images\chrome.3.bmp','images\chrome.4.bmp',  
'images\chrome.5.bmp','images\chrome.6.bmp',  
'images\chrome.7.bmp','images\chrome.8.bmp'))
```



Fotometrické stereo

```
[z, a1, a2, a3] = pv_GetImageNormalAndAlbedo(  
    'images\owl.mask.bmp',  
    char('images\owl.0.bmp','images\owl.1.bmp',  
        'images\owl.2.bmp','images\owl.3.bmp',  
        'images\owl.4.bmp','images\owl.5.bmp',  
        'images\owl.6.bmp','images\owl.7.bmp',  
        'images\owl.8.bmp'), lightVectors);  
pv_GetSurfaceFit(z);
```

