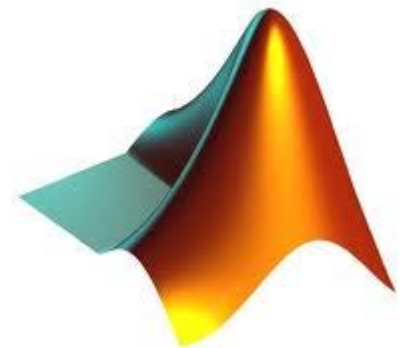


Stereovidenie

Cvičenia z Počítačového Videnia I.

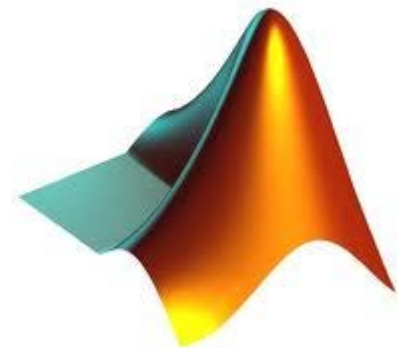
Stereovidenie

- Geometria dvoch kamier
 - Epipolárna geometria
 - Kanonické stereo
- Určenie fundamentálnej matice
- Fotometrické stereo



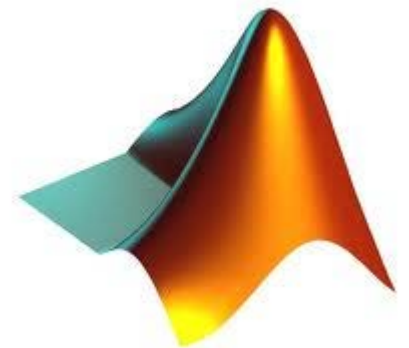
Geometria dvoch kamier

- 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



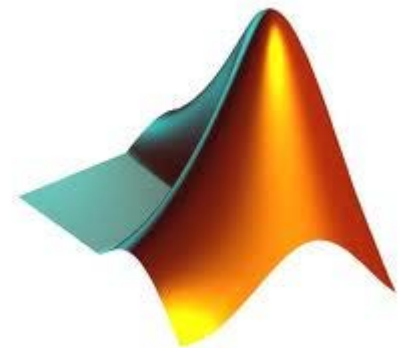
Epipolárna geometria

- rekonštrukcia súradníc objektov na základe dvoch alebo viacerých snímok
- prirodzená projektívna geometria medzi dvomi a viacerými pohľadmi na scénu
- nezávislá na štruktúre scény
- odvodzuje sa od vnútorných parametrov kamery a vzájomnej polohy kamier



Epipolárna geometria

- Využitie
 - identifikácia korešpondujúcich bodov zachytených na snímkach a rekonštrukcia ich 3D súradníc



Epipolárna geometria

e, e' - epipoly

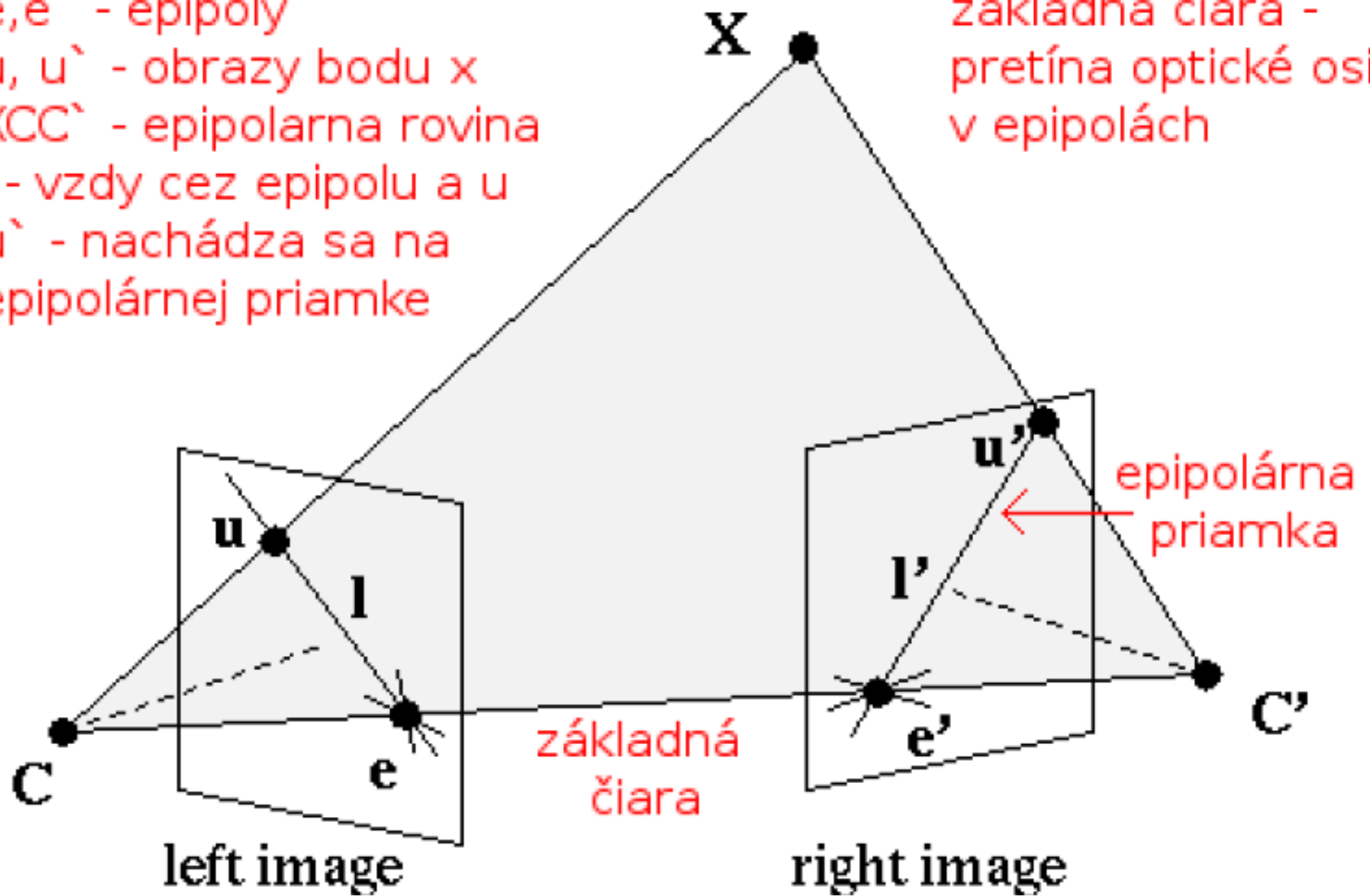
u, u' - obrazy bodu x

XCC' - epipolarna rovina

l - vždy cez epipolu a u

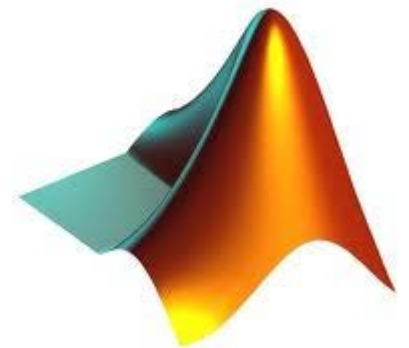
u' - nachádza sa na epipolárnej priamke

základná čiara -
pretína optické osi
v epipolách



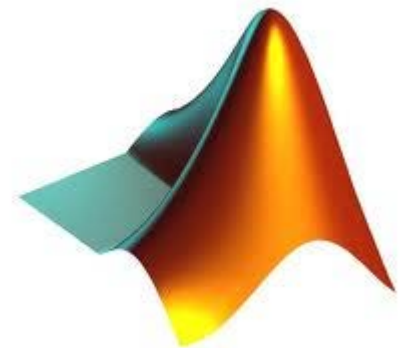
Epipolárna geometria

- 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



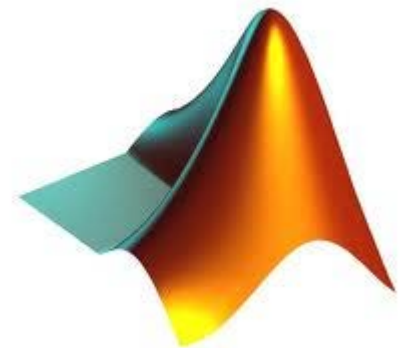
Epipolárne ohraničenie

- Pri hľadaní korešpondujúcich obrazov bodu, musíme tieto obrazy hľadať \sphericalangle dvojrozmernom priestore oboch zobrazovacích rovín
- **Epipolárne ohraničenie**
 - hľadanie zjednoduší na jednorozmerný prípad



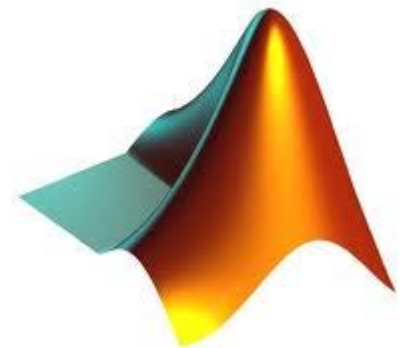
Epipolárne ohraničenie

- 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 l' , $u' \in l'$
- Chceme nájsť
 - korešpondujúci bod u' , $X \in Cu'$



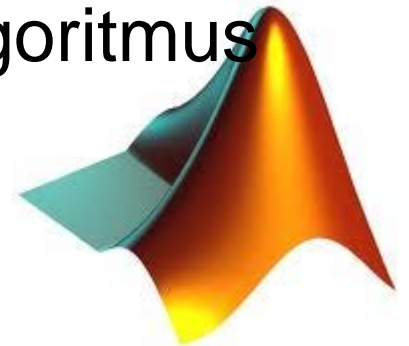
Určenie fundamentálnej matice

- 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

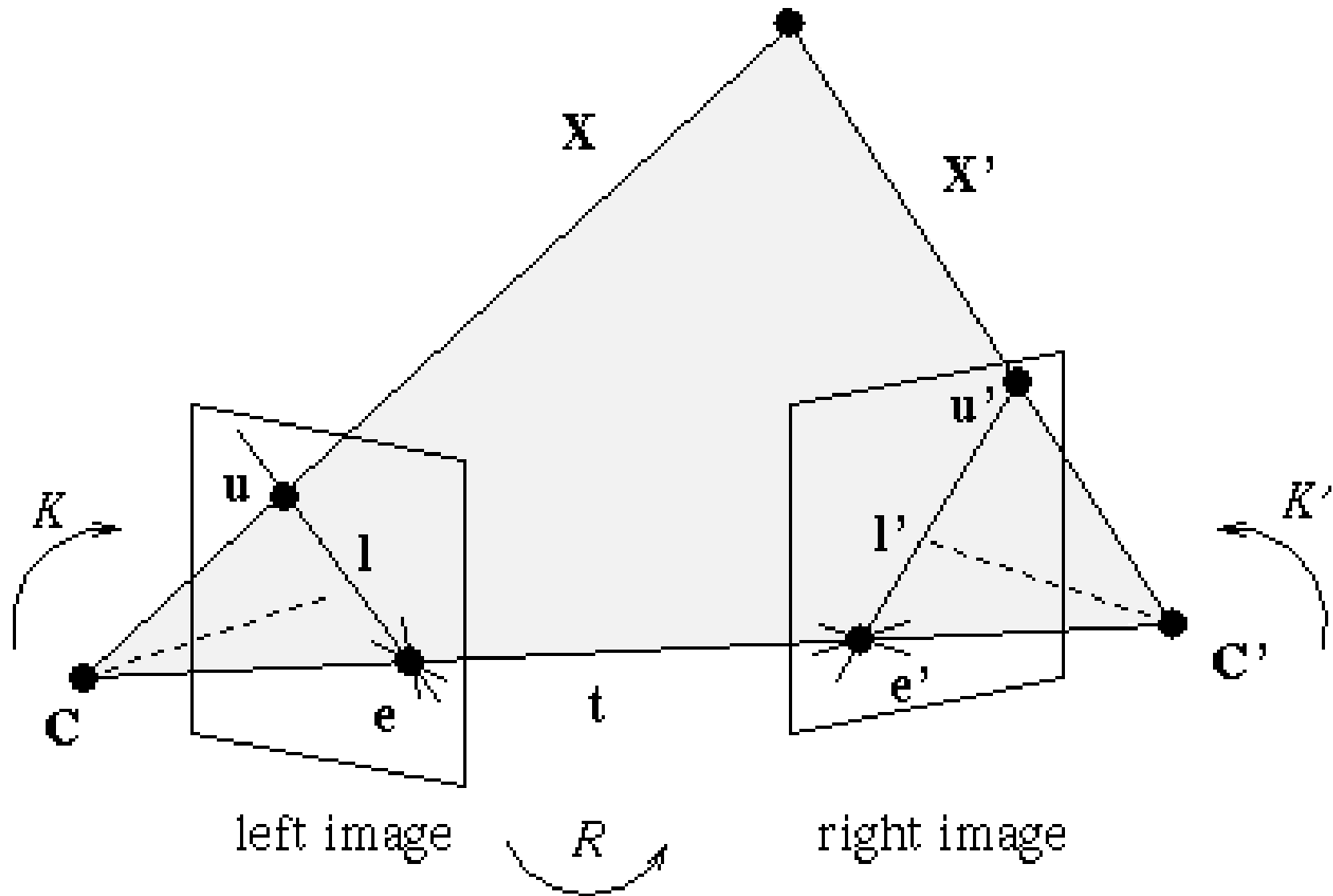


Určenie fundamentálnej matice

- 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**, ktorý sa nazýva 8-bodový algoritmus



Určenie fundamentálnej matice

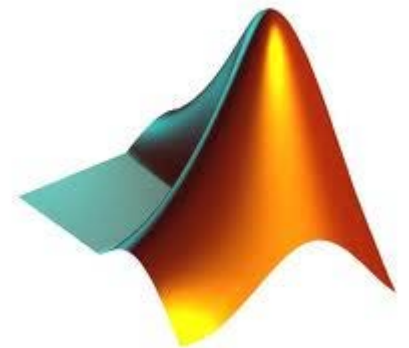


Určenie fundamentálnej matice

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

$$(ul, vl, 1) \begin{pmatrix} F11 & F12 & F13 \\ F21 & F22 & F23 \\ F31 & F32 & F33 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ur \\ vr \\ 1 \end{pmatrix} = 0$$

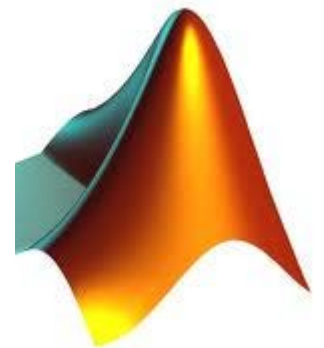
- vzťah medzi dvoma korešpondujúcimi bodmi v dvoch obrázkoch



Určenie fundamentálnej matice

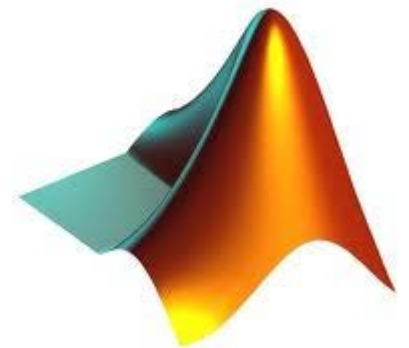
- $ul^*ur^*F11 + ul^*vr^*F12 + ul^*F13 + vl^*ur^*F21 + vl^*vr^*F22 + vl^*F23 + ur^*F31 + vr^*F32 + 1 = 0$
- Rovnica s 8 neznámymi
- Potrebujeme aspoň 8 korešpondujúcich bodov

$$\begin{pmatrix} ul_1 - ur_1 & ul_1 - vr_1 & ul_1 & vl_1 - ur_1 & vl_1 - vr_1 & vl_1 & ur_1 & vr_1 \\ ul_2 - ur_2 & ul_2 - vr_2 & ul_2 & vl_2 - ur_2 & vl_2 - vr_2 & vl_2 & ur_2 & vr_2 \\ ul_3 - ur_3 & ul_3 - vr_3 & ul_3 & vl_3 - ur_3 & vl_3 - vr_3 & vl_3 & ur_3 & vr_3 \\ ul_4 - ur_4 & ul_4 - vr_4 & ul_4 & vl_4 - ur_4 & vl_4 - vr_4 & vl_4 & ur_4 & vr_4 \\ ul_5 - ur_5 & ul_5 - vr_5 & ul_5 & vl_5 - ur_5 & vl_5 - vr_5 & vl_5 & ur_5 & vr_5 \\ ul_6 - ur_6 & ul_6 - vr_6 & ul_6 & vl_6 - ur_6 & vl_6 - vr_6 & vl_6 & ur_6 & vr_6 \\ ul_7 - ur_7 & ul_7 - vr_7 & ul_7 & vl_7 - ur_7 & vl_7 - vr_7 & vl_7 & ur_7 & vr_7 \\ ul_8 - ur_8 & ul_8 - vr_8 & ul_8 & vl_8 - ur_8 & vl_8 - vr_8 & vl_8 & ur_8 & vr_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F11 \\ F12 \\ F13 \\ F21 \\ F22 \\ F23 \\ F31 \\ F32 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$$



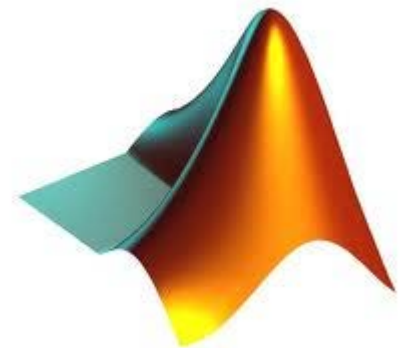
Kanonické stereo

- špeciálny prípad epipolárneho sterea
- 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
- rovnobežné optické osi
- epipoly sa nepretínajú



Kanonické stereo

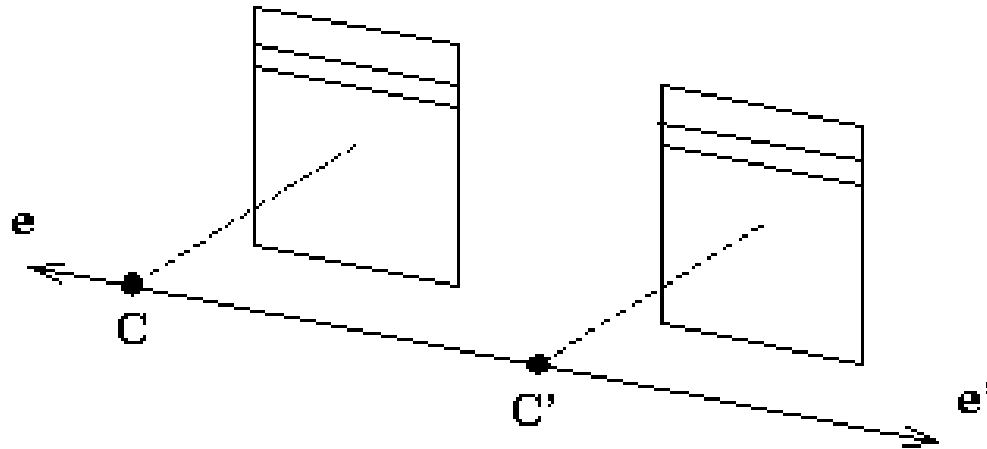
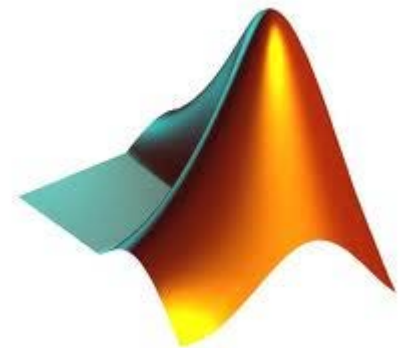
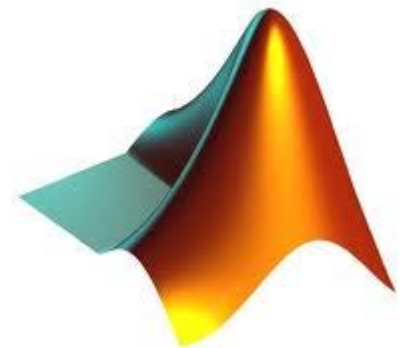
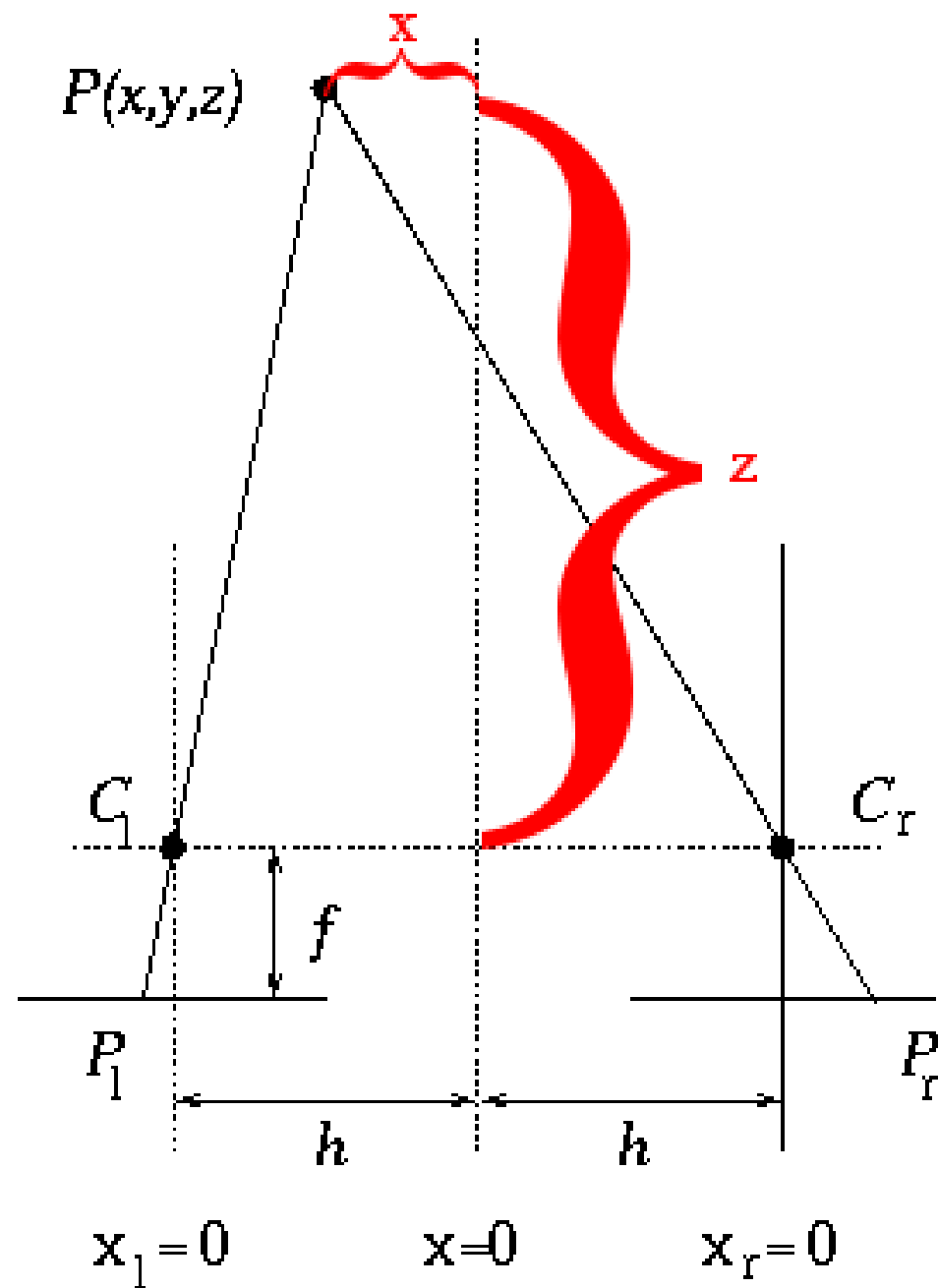


Figure 9.9 *The canonical stereo configuration where the epipolar lines are parallel in the image, and epipoles move to infinity.*

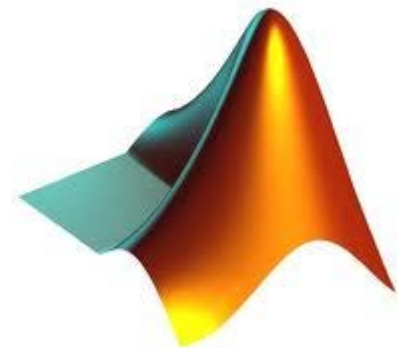


Kanonické stereo



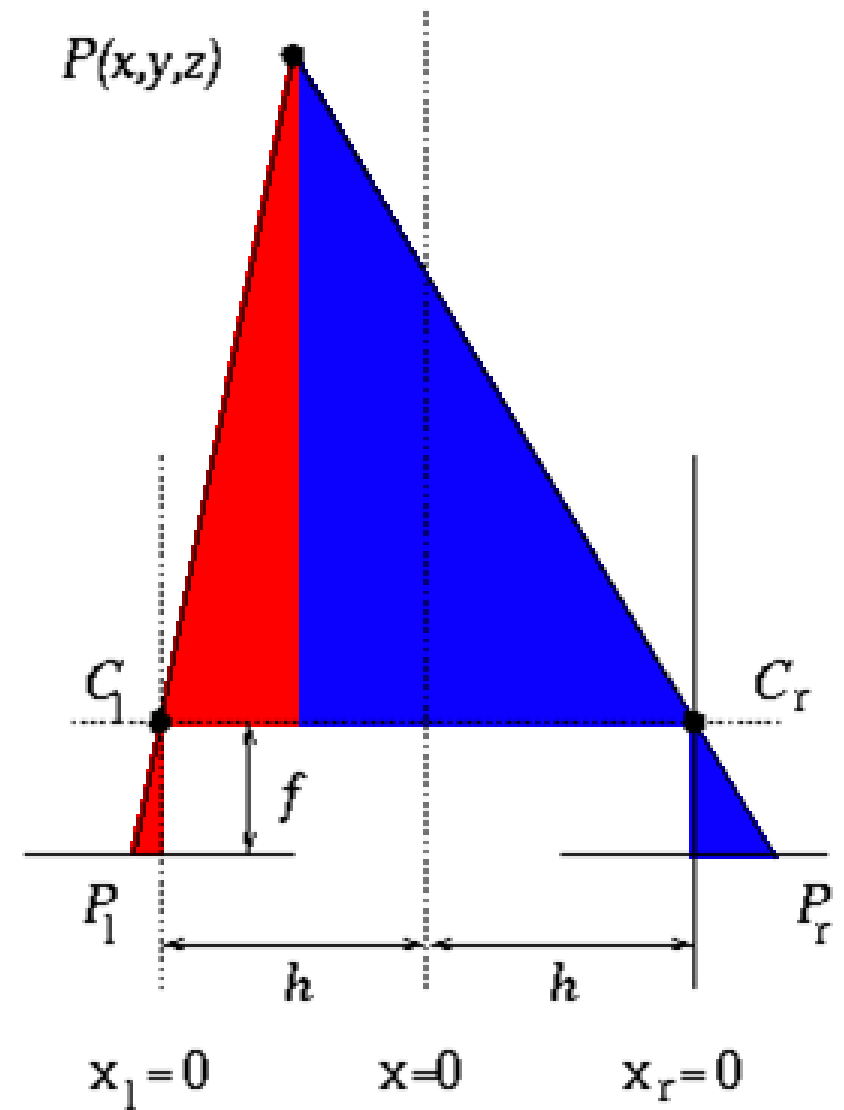
Kanonické stereo

- 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 súr. sústavu
- Využijeme podobnosť trojuholníkov



Kanonické stereo

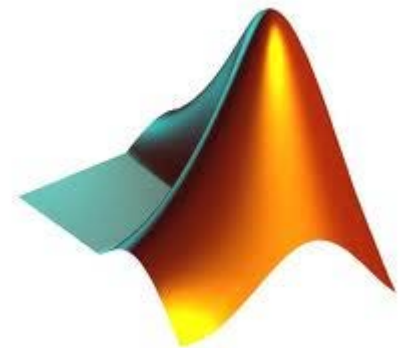
- Výpočet z-ovej súradnice bodu v priestore

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

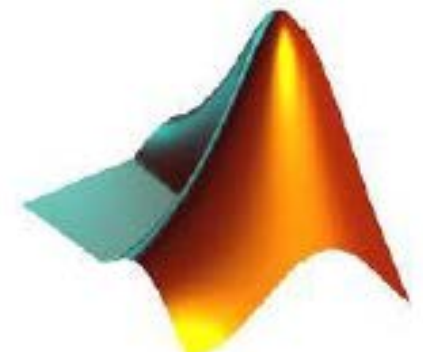
$$\frac{P_r}{f} = \frac{\hbar - x}{z}$$

$$z (P_r - P_l) = 2\hbar f$$

$$z = \frac{2\hbar f}{P_r - P_l}$$

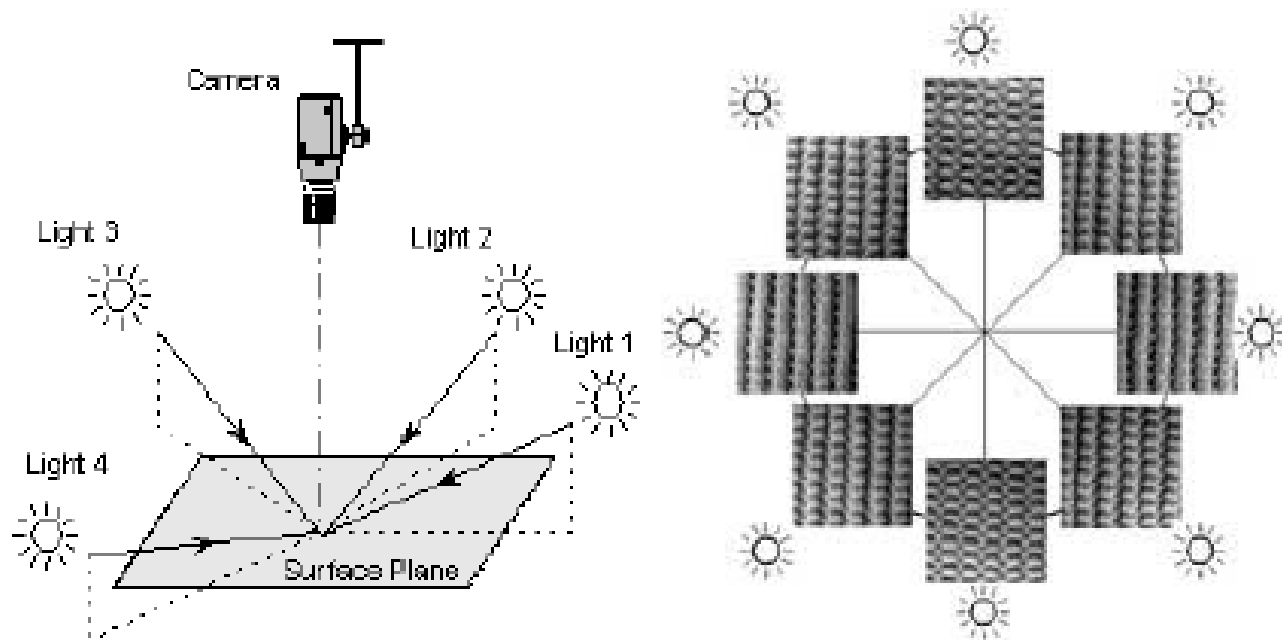


Stereovidenie

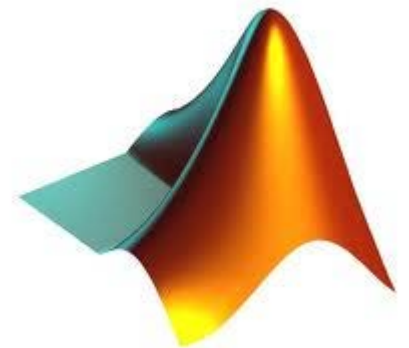


Fotometrické stereo

- technika na určenie povrchových normál objektu
- viacero obrázkov objektu z rovnakého bodu s rôznym osvetlením



<http://www.taurusstudio.net/research/photex/ps/index.htm>

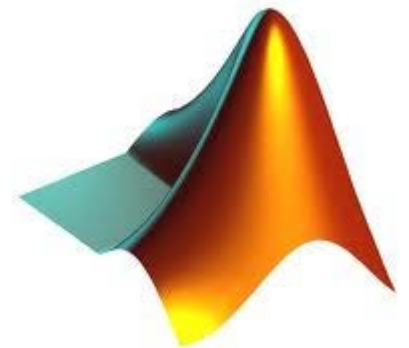


Fotometrické stereo

- Difúzny objekt môžeme modelovať

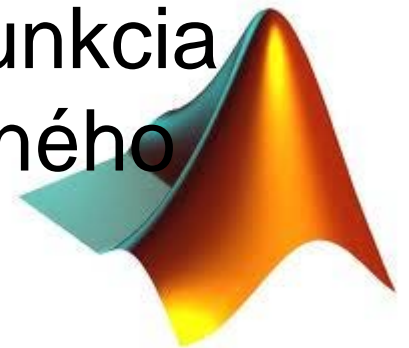
$$I = k_d L \cdot n^T$$

- I – intenzita
- K_d – ALBEDO
- L – smer osvetlenia (jednotkový vektor)
- N – normála povrchu (jednotkový vektor)



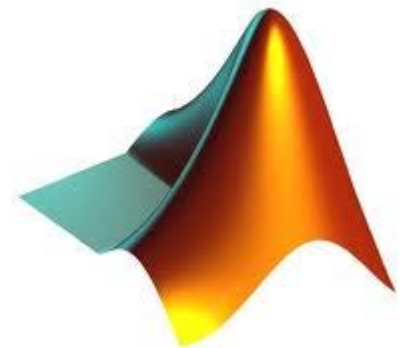
Fotometrické stereo

- **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: 4-dimenzionálna 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);
```

