

# Robotika in računalniško zaznavanje (RRZ)

## 3D računalniški vid

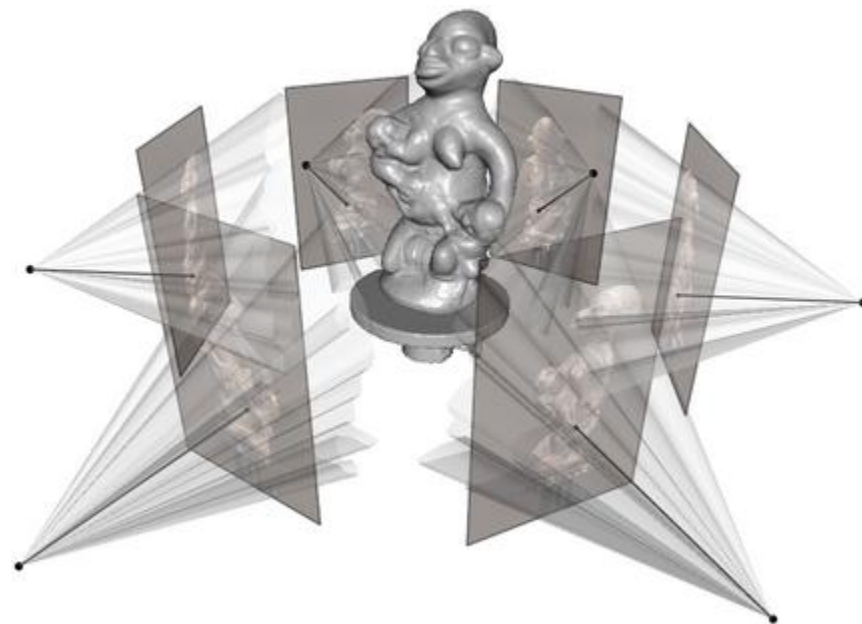
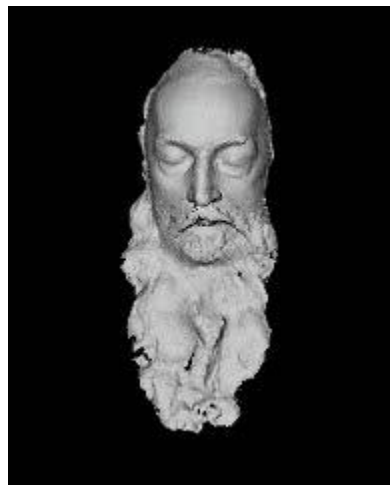
Danijel Skočaj

Univerza v Ljubljani

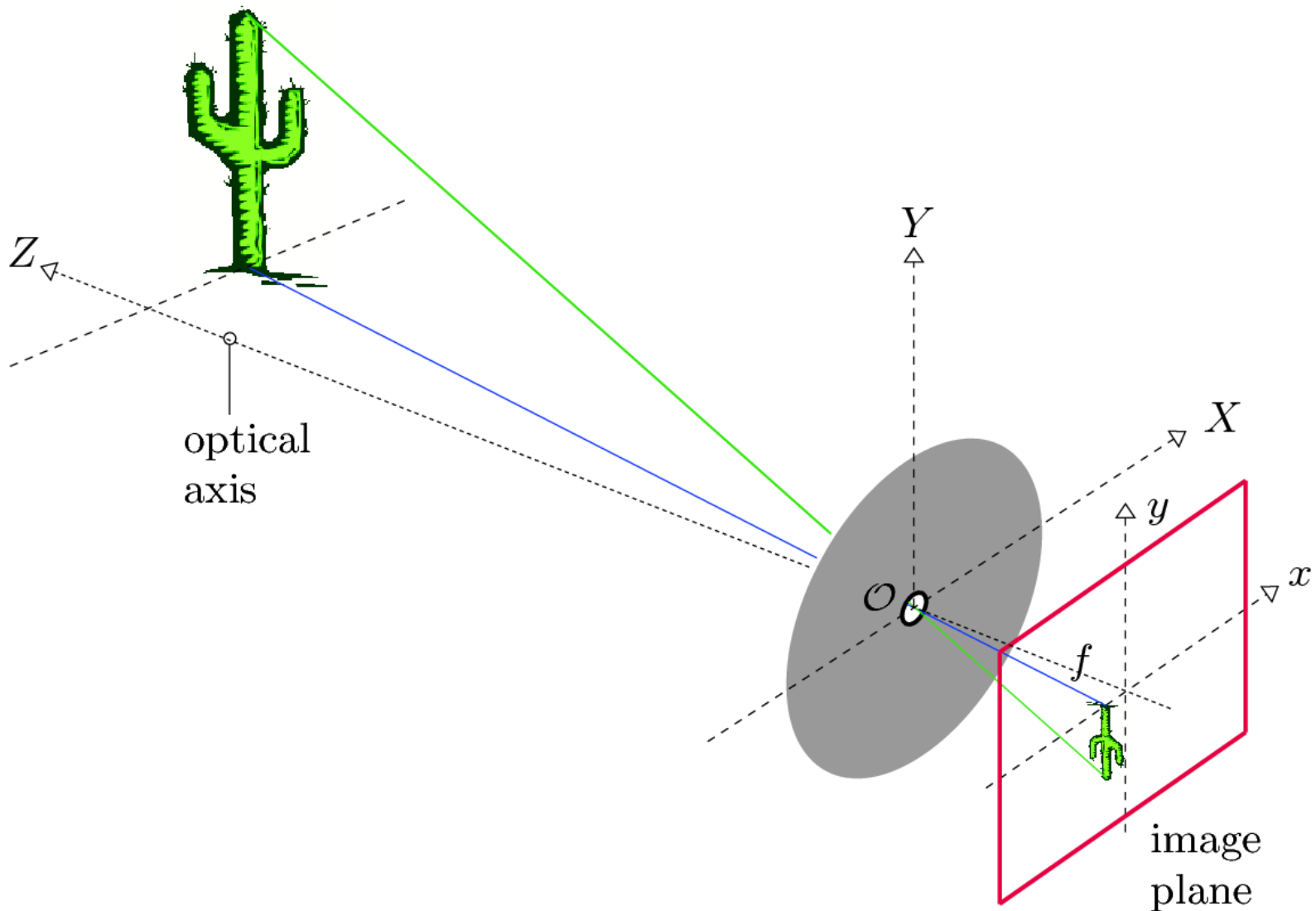
Fakulteta za računalništvo in informatiko

v1.0

# 3D računalniški vid



# Kamera z luknjico



# Preslikava med 3-D in 2-D prostorom

---

- Preslikava iz 3-D svetovnega koordinatnega sistema (poravnane s kamero)  $(X,Y,Z)$  v 2-D koordinatni sistem slike  $(x,y)$
- Perspektivna transformacija iz 3-D v 2-D:

- $(X,Y,Z) \rightarrow (x,y)$

$$y = -f \frac{Y}{Z} \quad x = -f \frac{X}{Z}$$

- Več točk iz 3-D se lahko preslika v eno točko v 2-D
    - Preslikava iz 3-D v 2-D ni enolična
- Preslikava iz 2-D v 3-D
  - $(x,y) \rightarrow (X,Y,Z)$
  - Več neznank kot parametrov
  - Potrebujemo vsaj dve kameri!

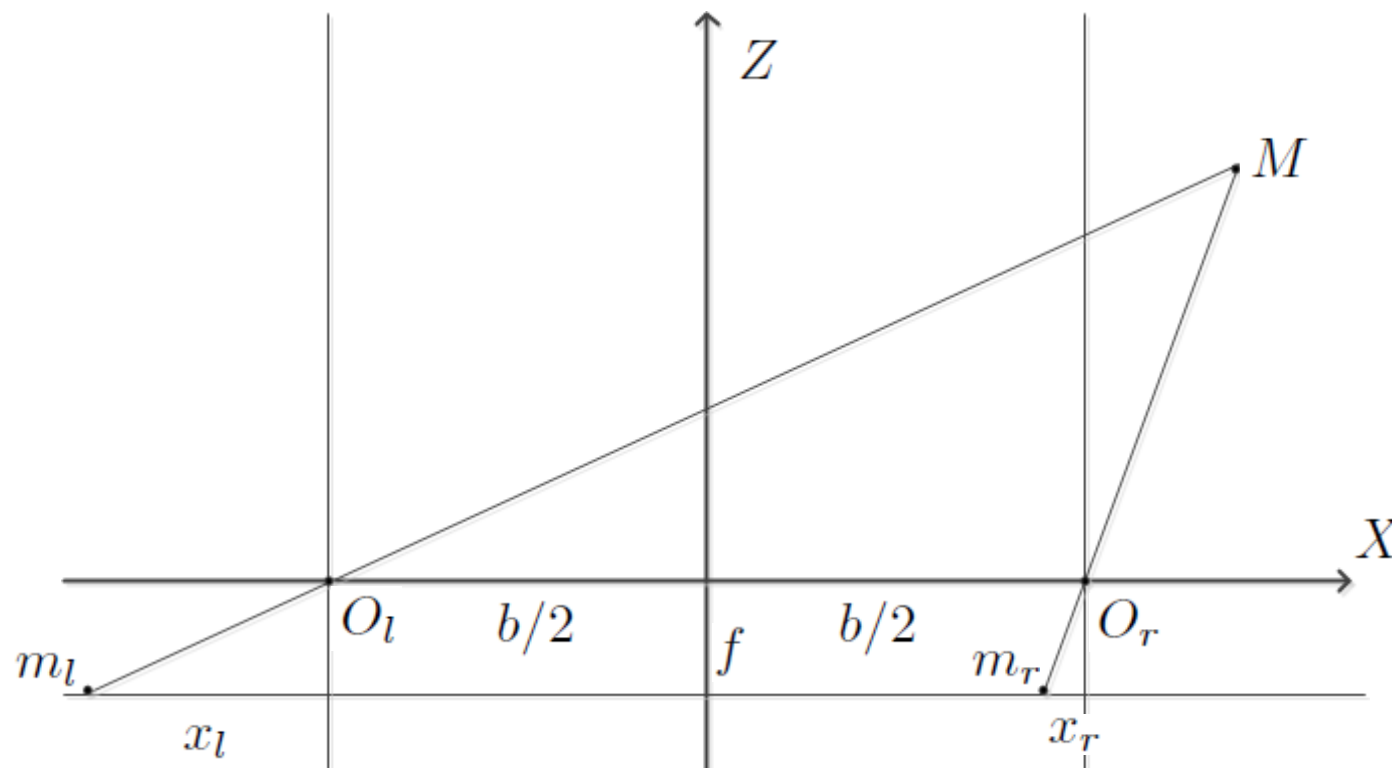
# Stereo kamere

---



# Vzporedni kameri

- Triangulacija:



$$\frac{x_r - x_l}{f} = \frac{b}{Z} \quad Z = \frac{bf}{x_r - x_l} \quad X = -\frac{b}{2} \frac{(x_r + x_l)}{(x_r - x_l)} \quad Y = -\frac{b}{2} \frac{(y_r + y_l)}{(x_r - x_l)}$$

# Stereo vid

---

- Preslikava iz 2-D v 3-D
  - $(x_l, y_l), (x_r, y_r) \rightarrow (X, Y, Z)$
  - Dispariteta zakodira razdaljo
- Dva problema stereo vida:
  - Korepondenca: kateri deli leve slike in kateri deli desne slike so projekcija istega elementa v prostoru?
    - Iskanje parov korespondenčnih točk
  - Rekonstrukcija: kako izračunamo 3D položaj elementa v prostoru, če imamo podane par korespondenčnih točk in informacijo o geometriji sistema?
    - Triangulacija

# Korespondenca

---

- Kateri deli leve slike in kateri deli desne slike so projekcija istega elementa v prostoru?





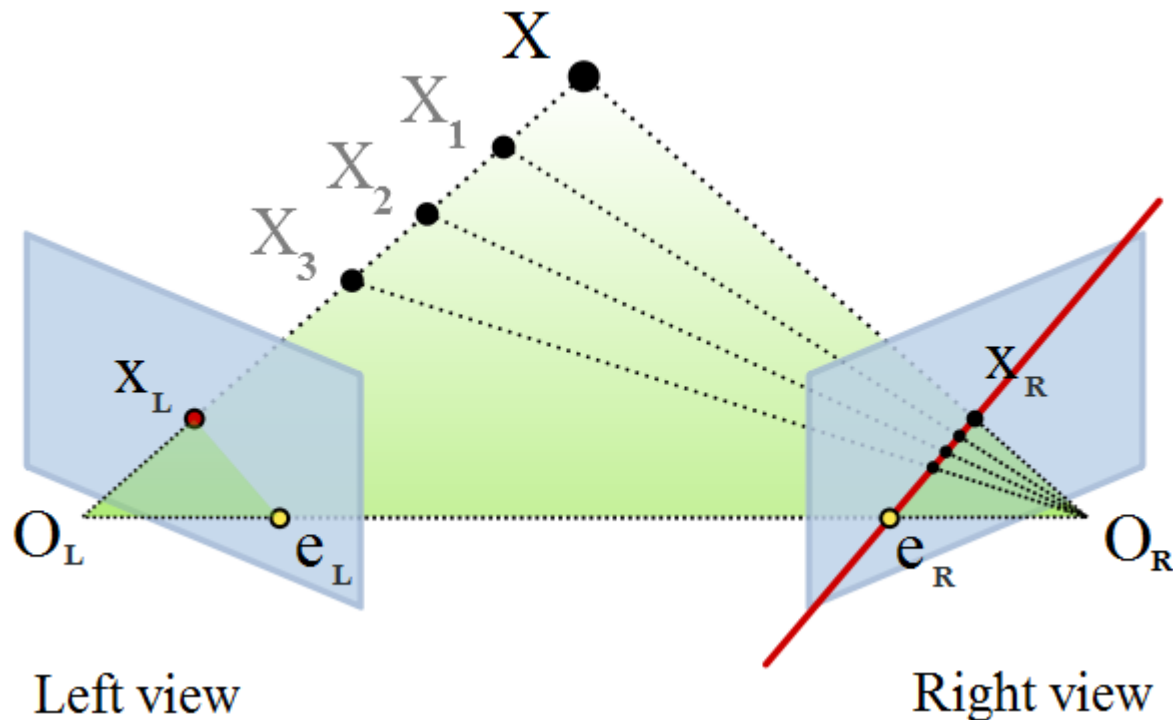
# Korespondenca

---

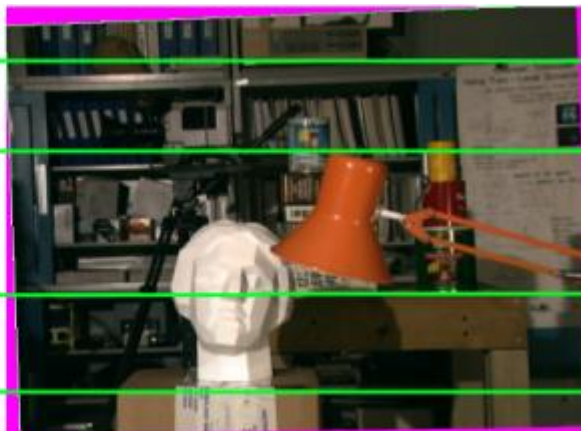
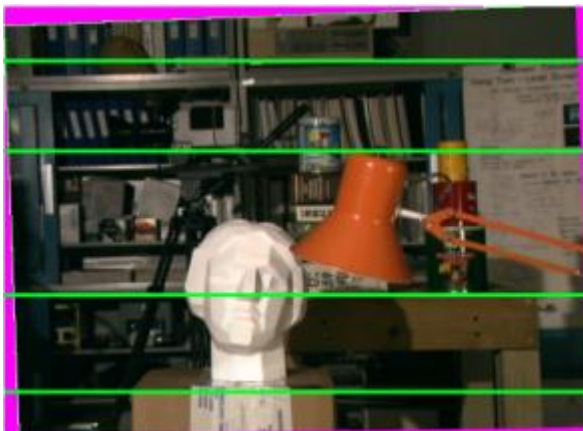
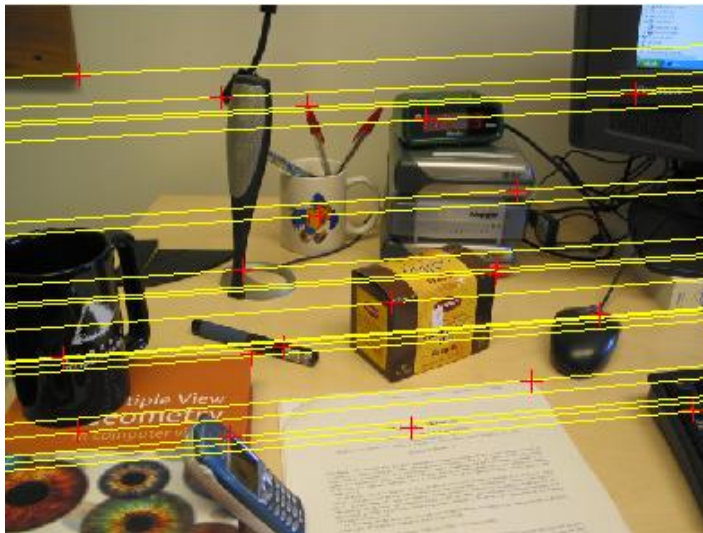
- Predpostavki:
  - Večina točk na prizoru je vidnih z obeh pogledov
  - Korespondenčne regije so si podobne
- Dva podproblema:
  - Katere elemente primerjati?
    - Geometrična omejitev (epipolarna geometrija)
  - Kako primerjati?
    - Korelacijske metode
    - Metode, ki temeljijo na značilnicah

# Epipolarna omejitev

- Vsaka točka v 3-D prostoru definira epipolarno ravnino, ki gre skozi to točko in centra projekcij obeh kamer
- Iskanje korespondenčne točke lahko omejimo na epipolarno premico: presečišče med epipolarno in slikovno ravnino



# Primer



# Primerjanje delov slik

---

- Korelacijske metode
  - Primerjamo regije (podokna) na obeh slikah s pomočjo korelacije
  - To lahko delamo v veliko točkah na sliki
  - Dobimo precej gosto disparitetno sliko
  - Zahteva teksturirane scene
- Metode, ki temeljijo na značilnicah
  - Izračunamo (redke) značilnice na slikah ter jih opišemo (npr. robovi, koti, SIFT, ipd.)
  - Računamo ujemanje med značilnicami (razdalje med njimi)
  - Dobimo redko disparitetno sliko

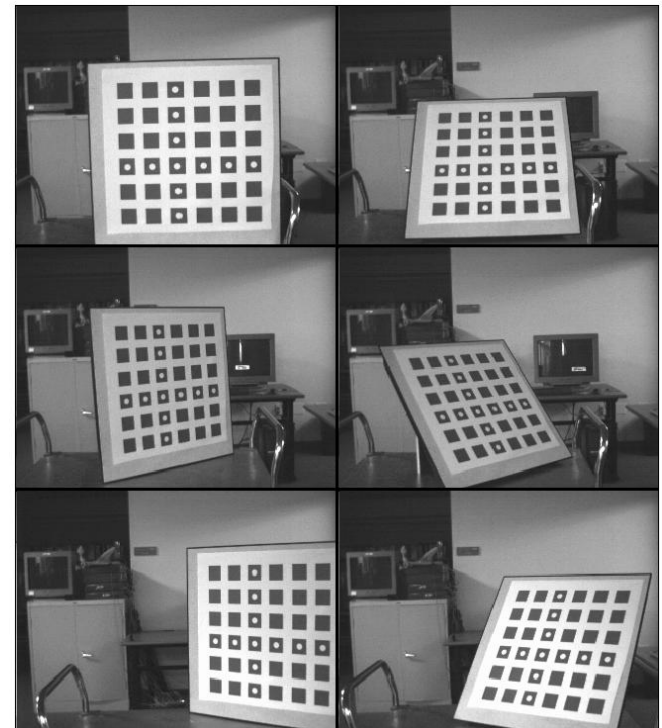
# Rekonstrukcija

---

- Triangulacija
- Preprosto v primeru vzporednih kamer
  - Epipolarne premice so vodoravne na sliki
- Bolj zapleteno v splošnem
  - Izračun fundamentalne matrike
  - Poravnava slik
- Poznati moramo parametre kamer
  - Kalibracija!

# Parametri stereo sistema

- Notranji parametri kamere:
  - Goriščna razdalja
  - Izhodiščna točka
  - Oblika slikovnih elementov
  - Distorzija leče
- Zunanji parametri kamere
  - Translacija kamere
  - Rotacija kamere  
v svetovnem koordinatnem sistemu
- Parametre dobimo s kalibracijo



# Disparitetna slika





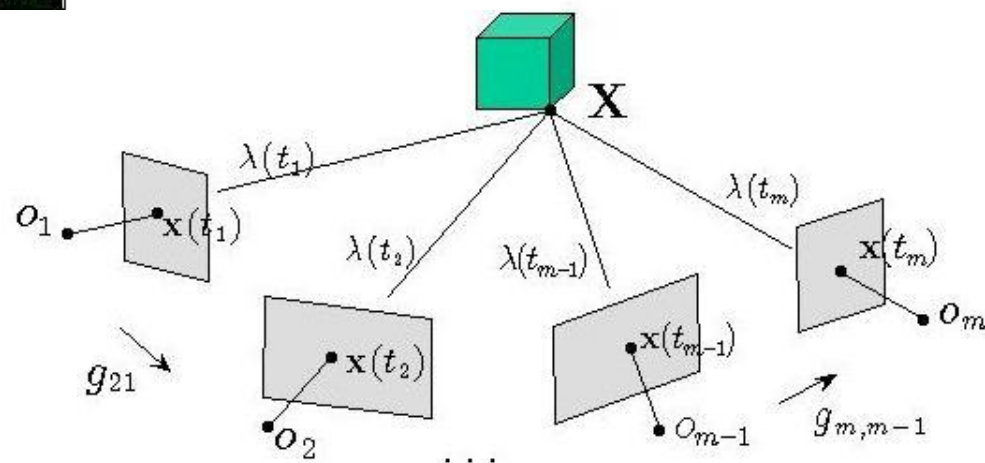
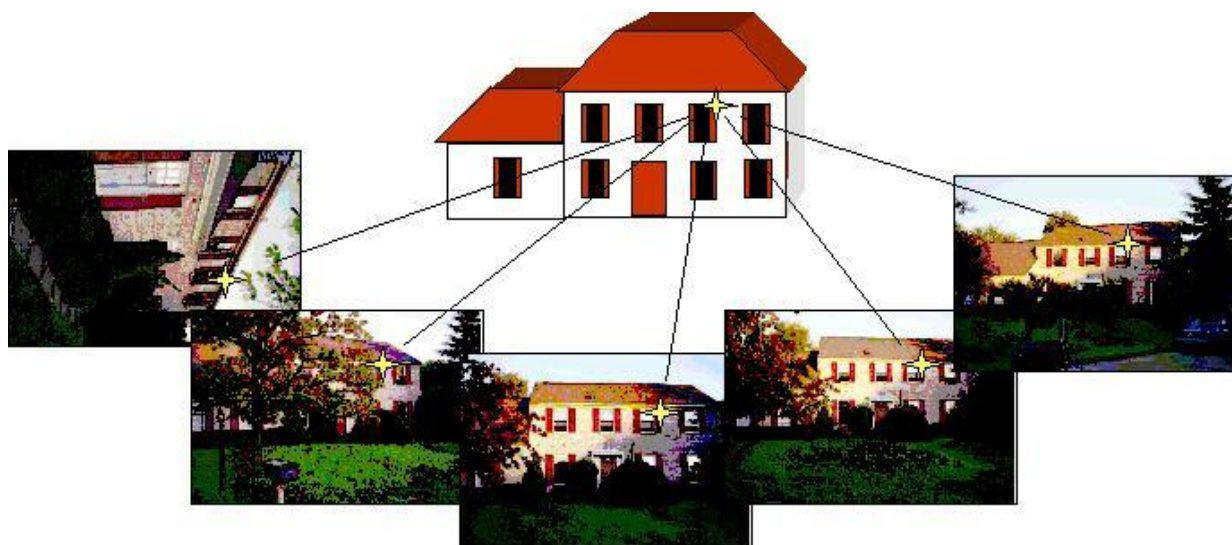
# Primeri





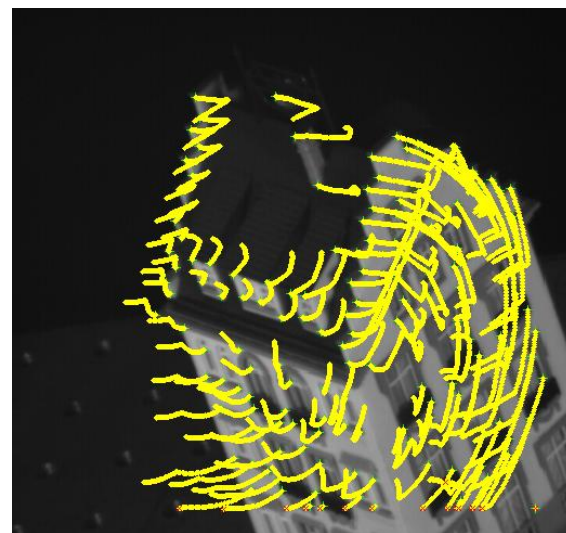
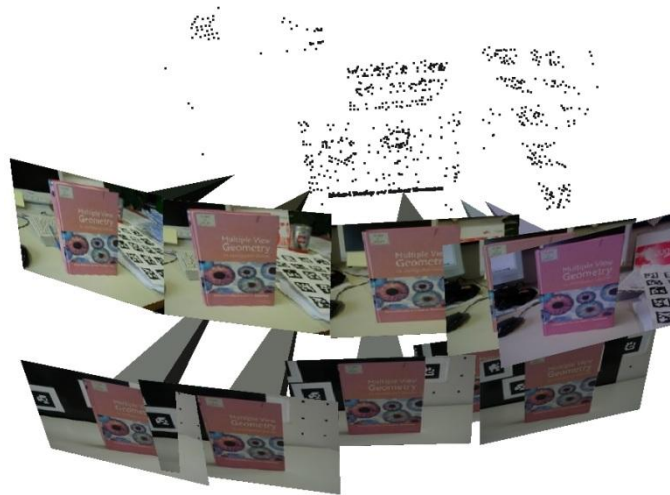
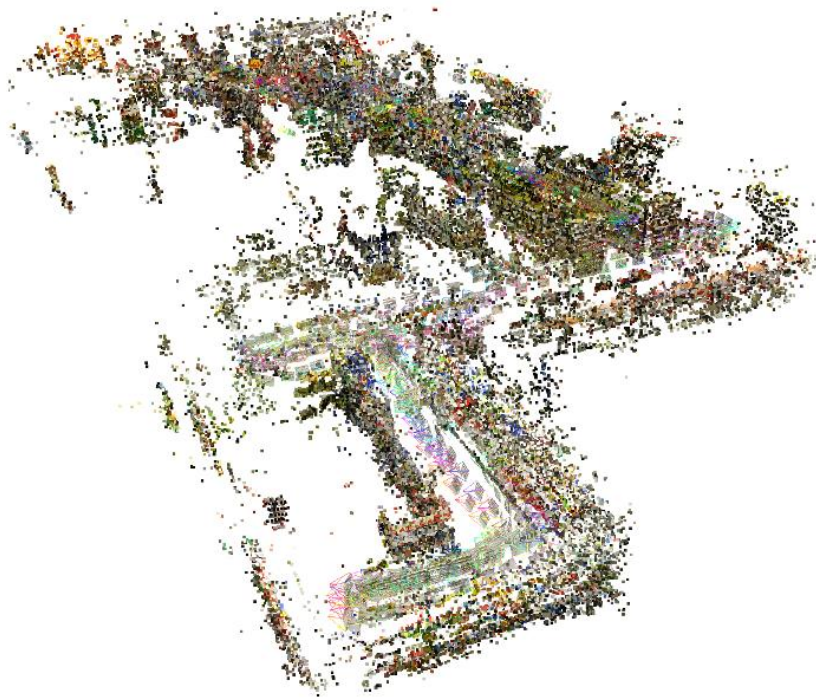
# Geometrija iz večih pogledov

- Multiple view geometry



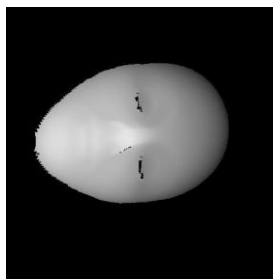
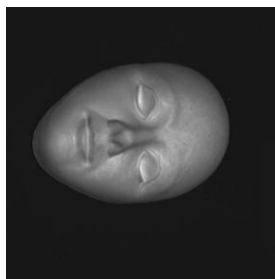
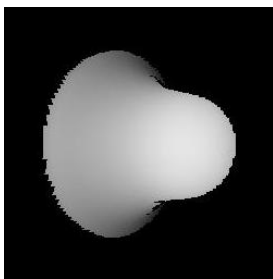
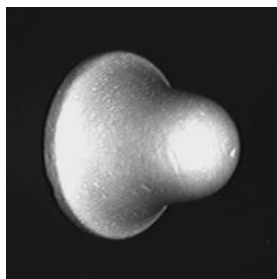
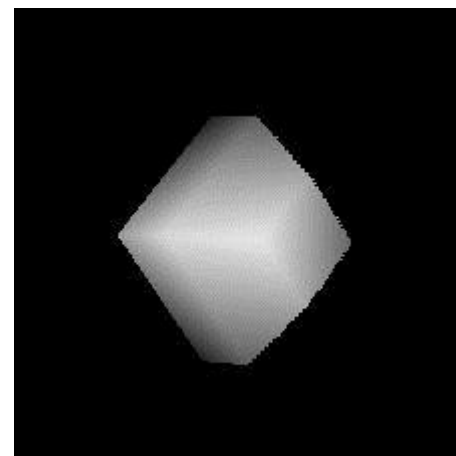
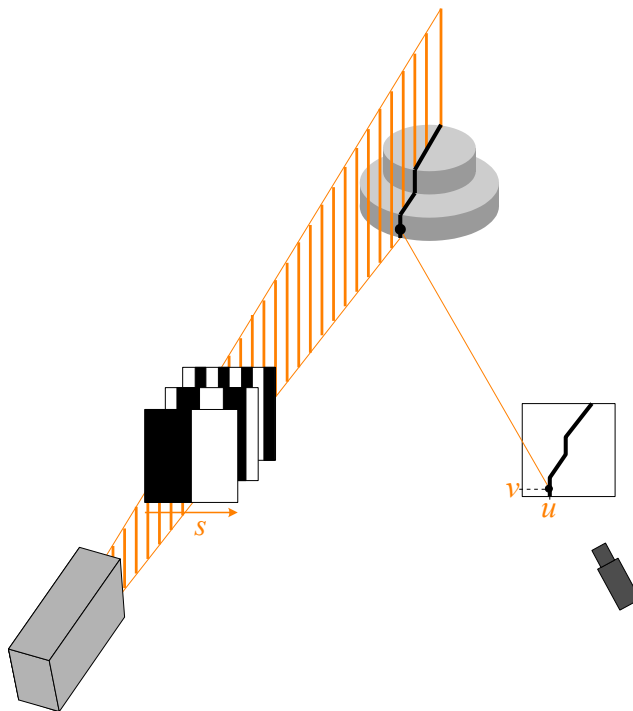
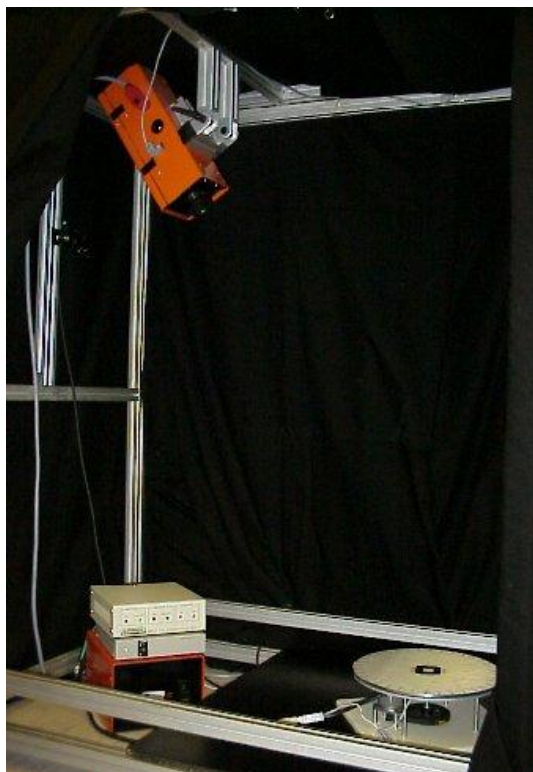
# Struktura iz gibanja

- Structure from motion



# Globinski senzor s kodirano svetlobo

- Kamera in projektor



# Globinski senzor s kodirano svetlobo

- Kinect
  - IR projektor
  - IR kamera
  - RGB kamera



# TOF kamere

- Time-of-flight kamere
- Čas potovanja impulza



(a)



(b)



(c)



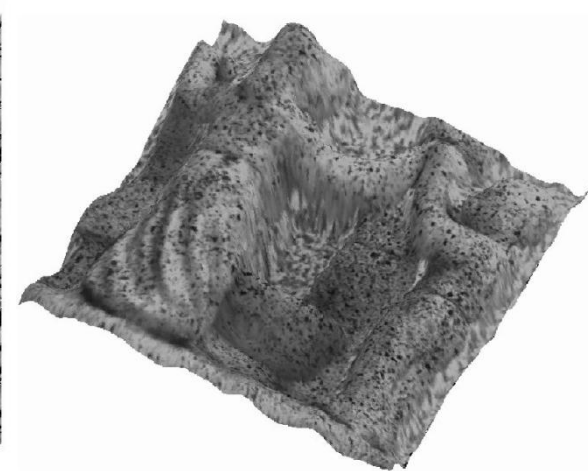
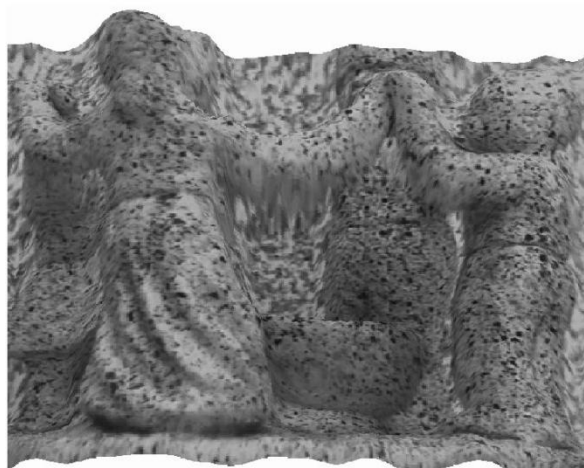
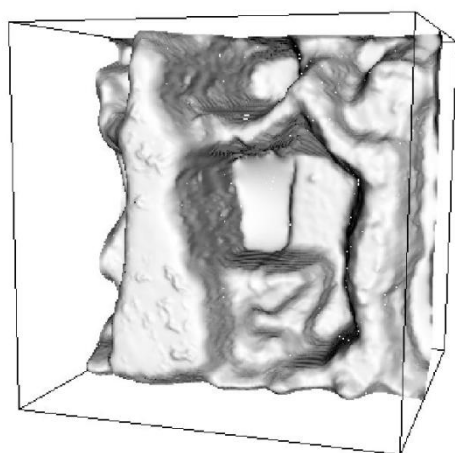
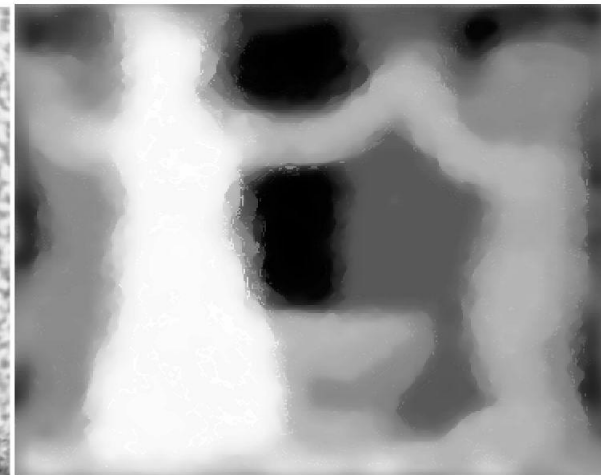
(d)





# Globina s spreminjanjem goriščne razd.

- Depth from defocus



# Oblika iz senc

- Shape from shading

