

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Animacija u inženjerstvu
Predmet: Metode 3D digitalizacije

BESKONTAKTNE METODE 3D-DIGITALIZACIJE
OPTIČKE METODE
Fotogrametrija

Metode 3D digitalizacije

Pasivne

Aktivne

Kontaktne

Beskontaktne

Refleksivne

Transmisione

Optičke

Ne-optičke

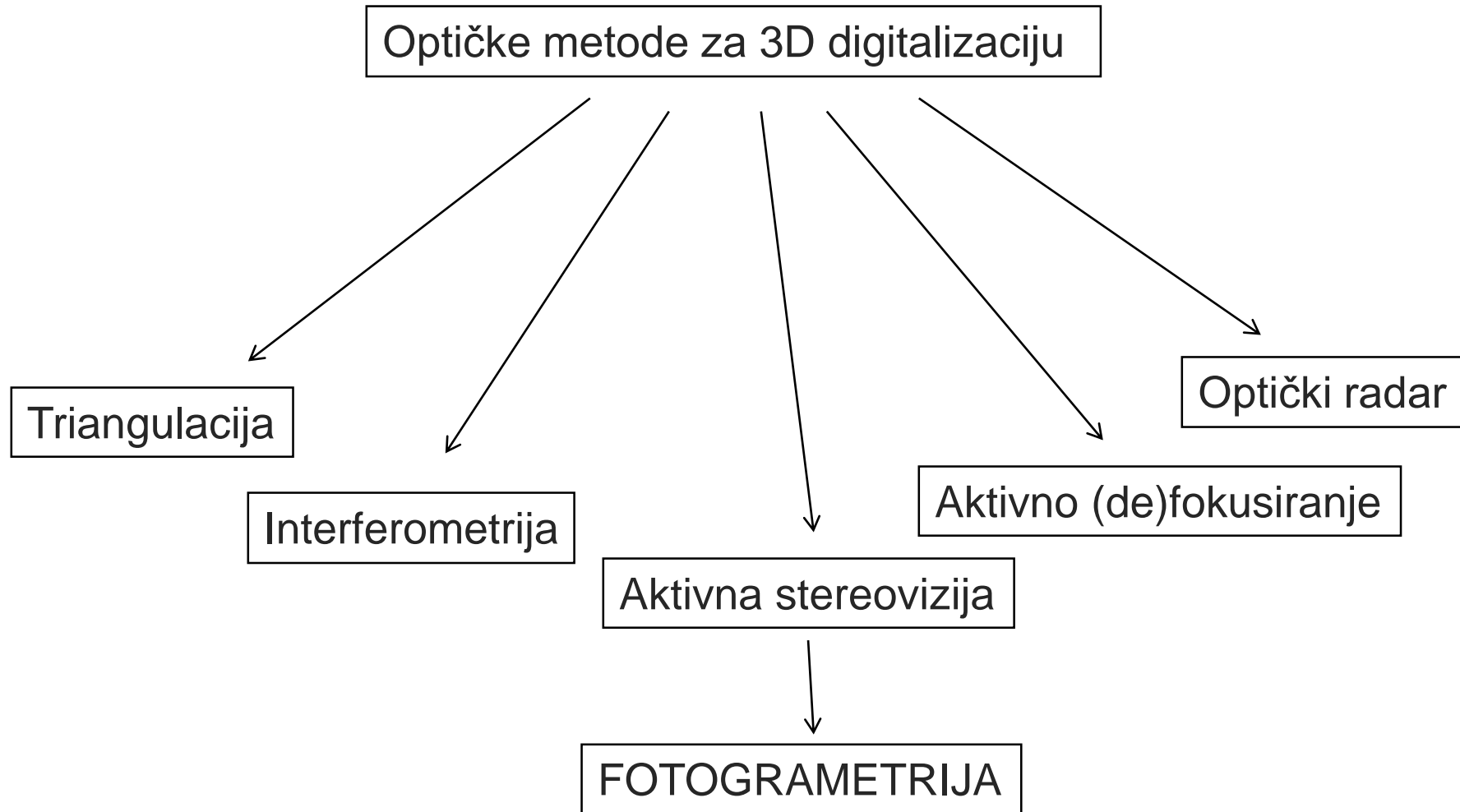
Refleksivne metode za 3D digitalizaciju

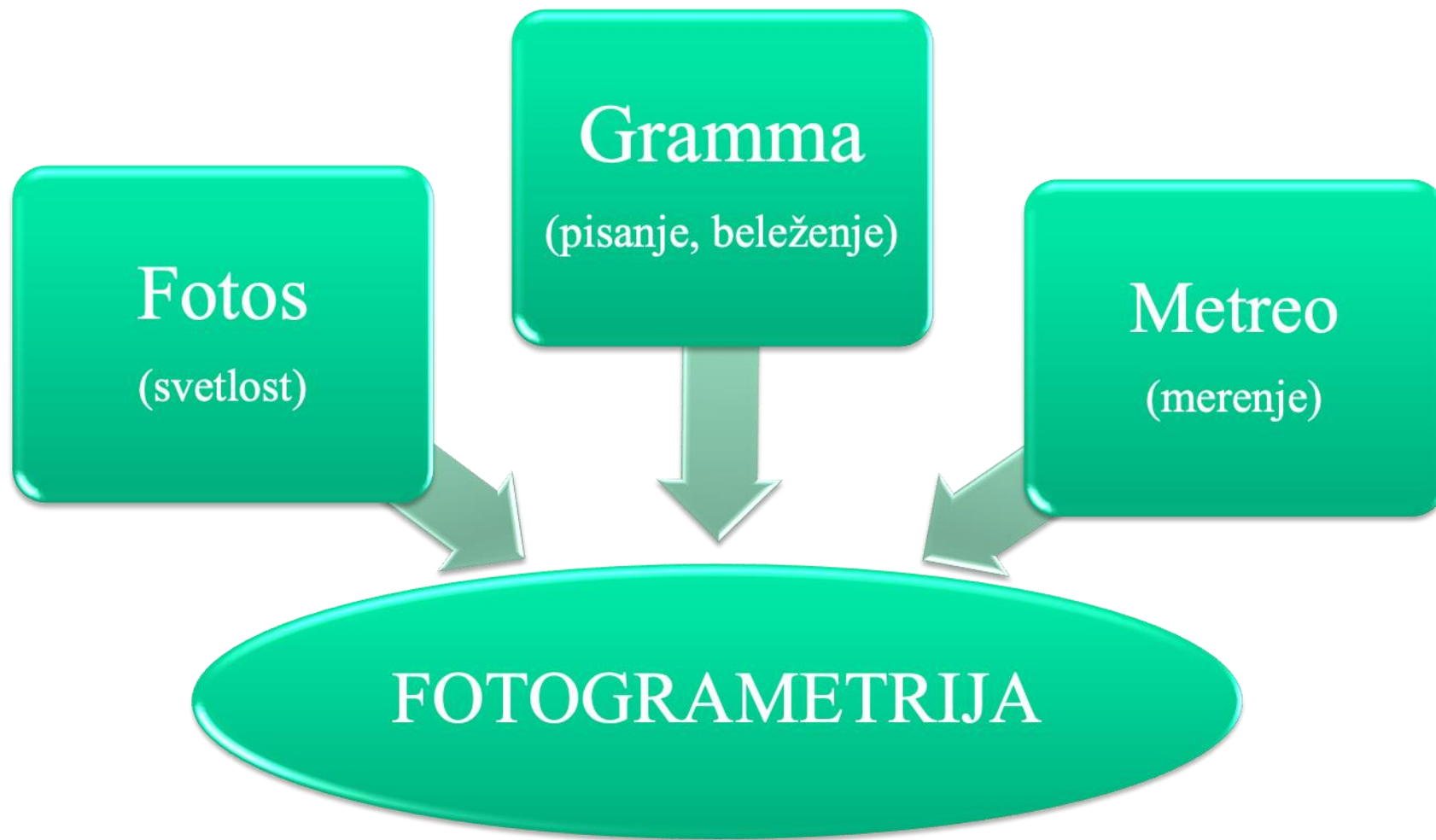
```
graph TD; A[Refleksivne metode za 3D digitalizaciju] --> B[Optičke]; A --> C[Ne-optičke];
```

Optičke

Ne-optičke

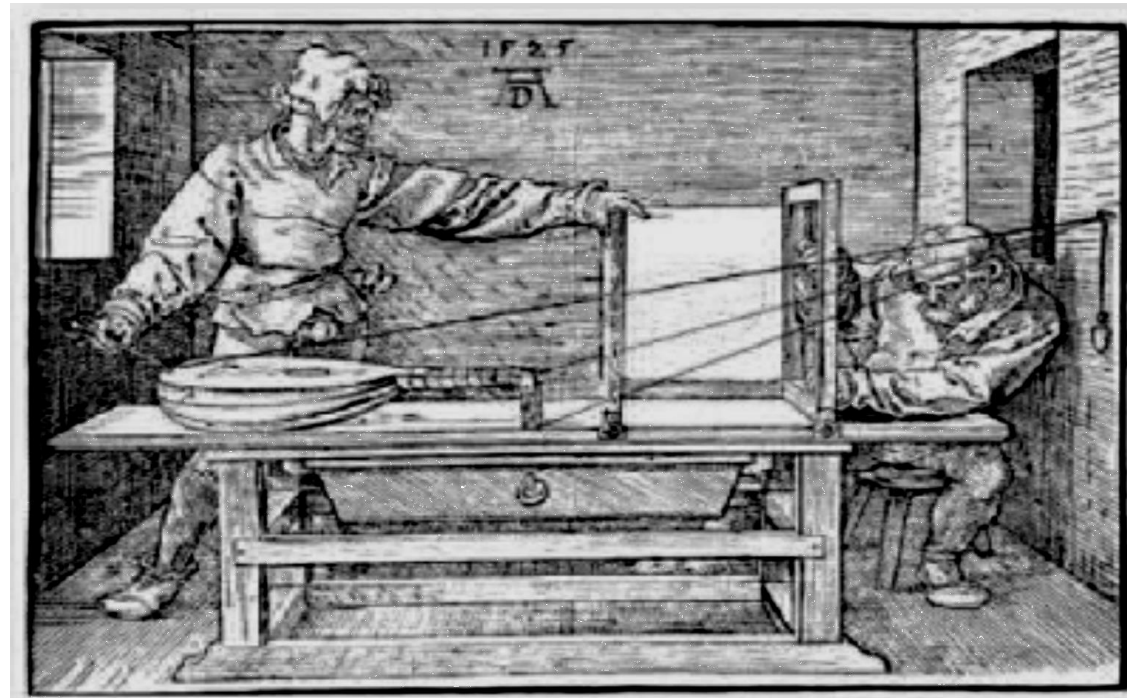
Princip: Projektovanje signala određene vrste na predmet 3D digitalizacije i detektovanje reflektovane informacije sa tog predmeta.





Razvoj fotogrametrije

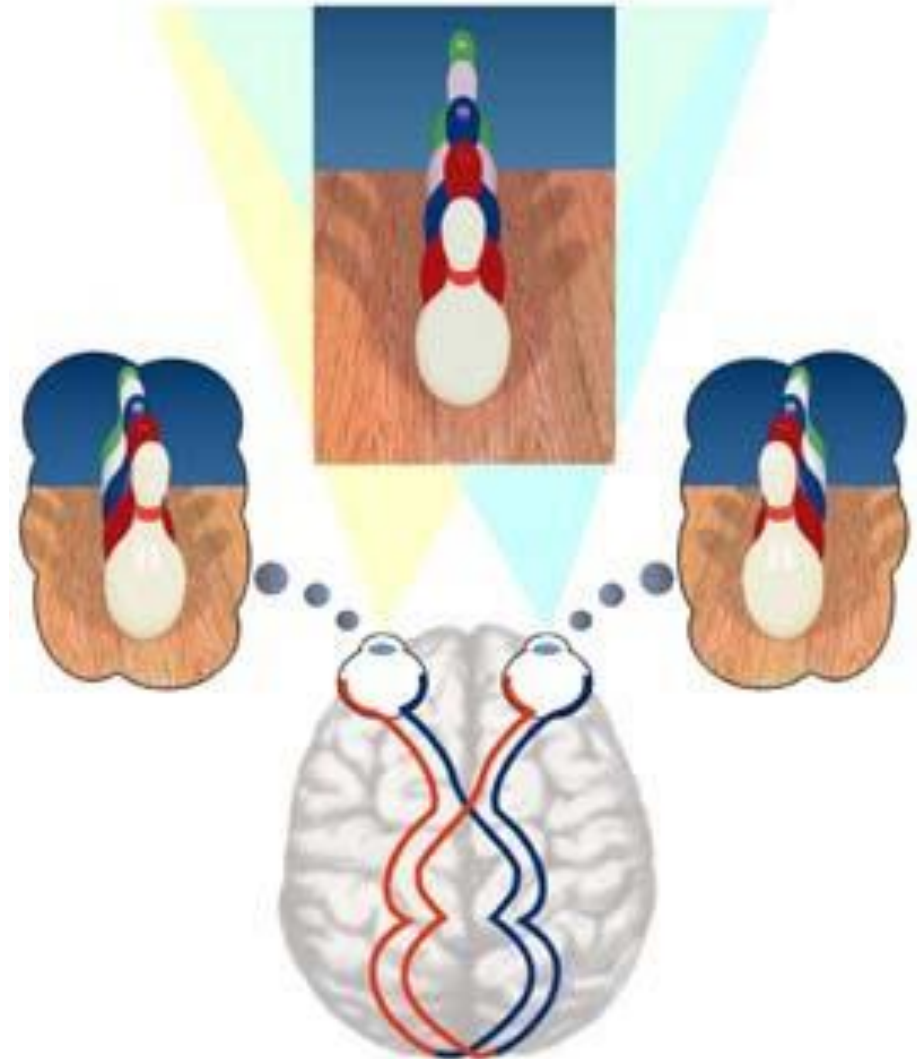
- Fotogrametrija optičke projekcije (1850.-1900.)
- Analogna fotogrametrija (1900.-1960.)
- Analitička fotogrametrija (1960.- danas)
- Digitalna fotogrametrija - aktivna primena od 2003.



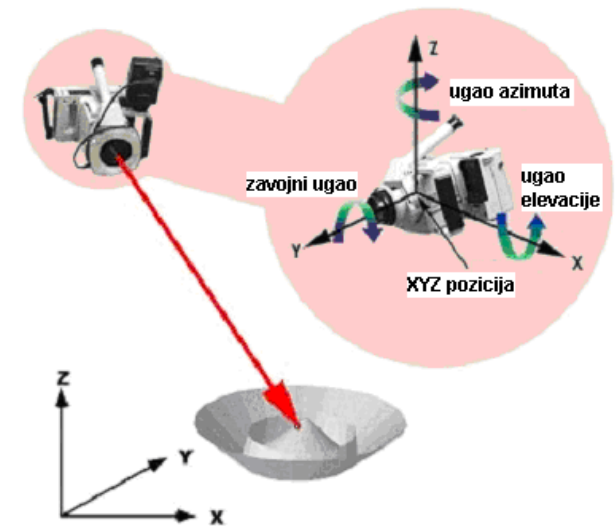
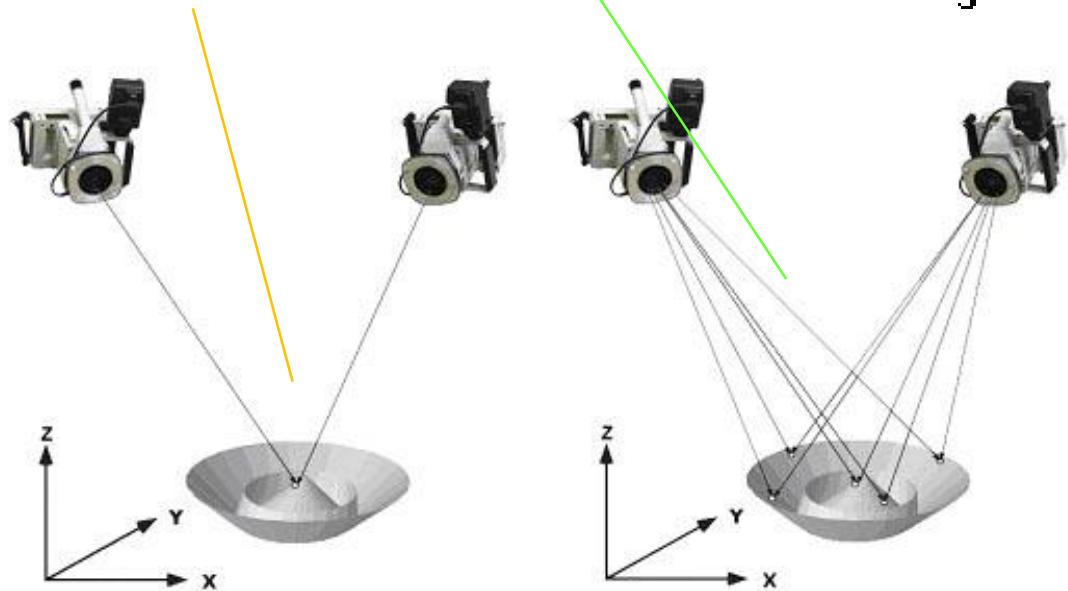
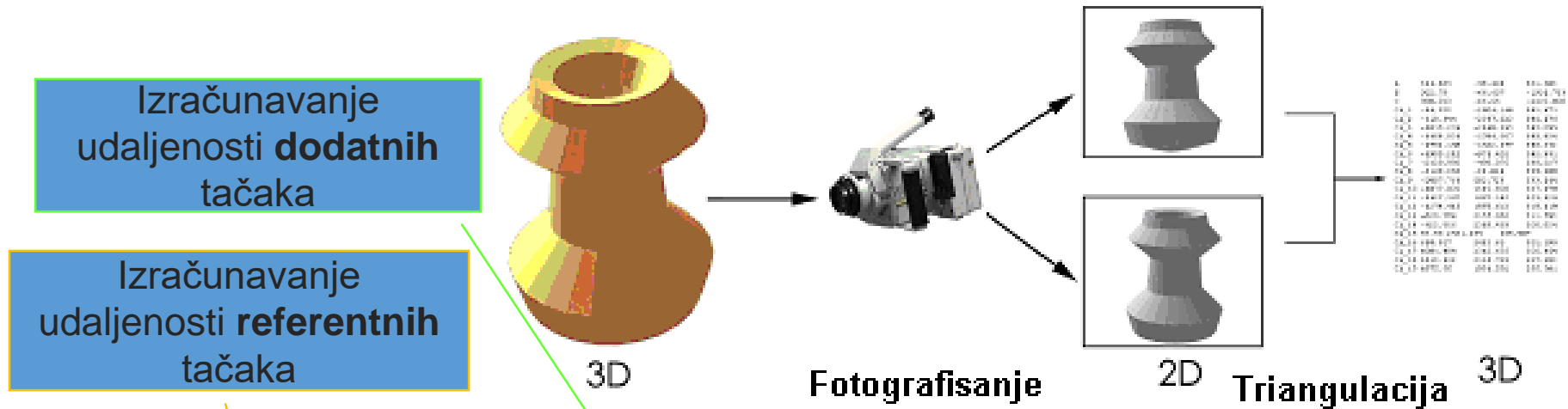
Fotogrametrija kao metoda stereovizije

Stereovizijski princip:

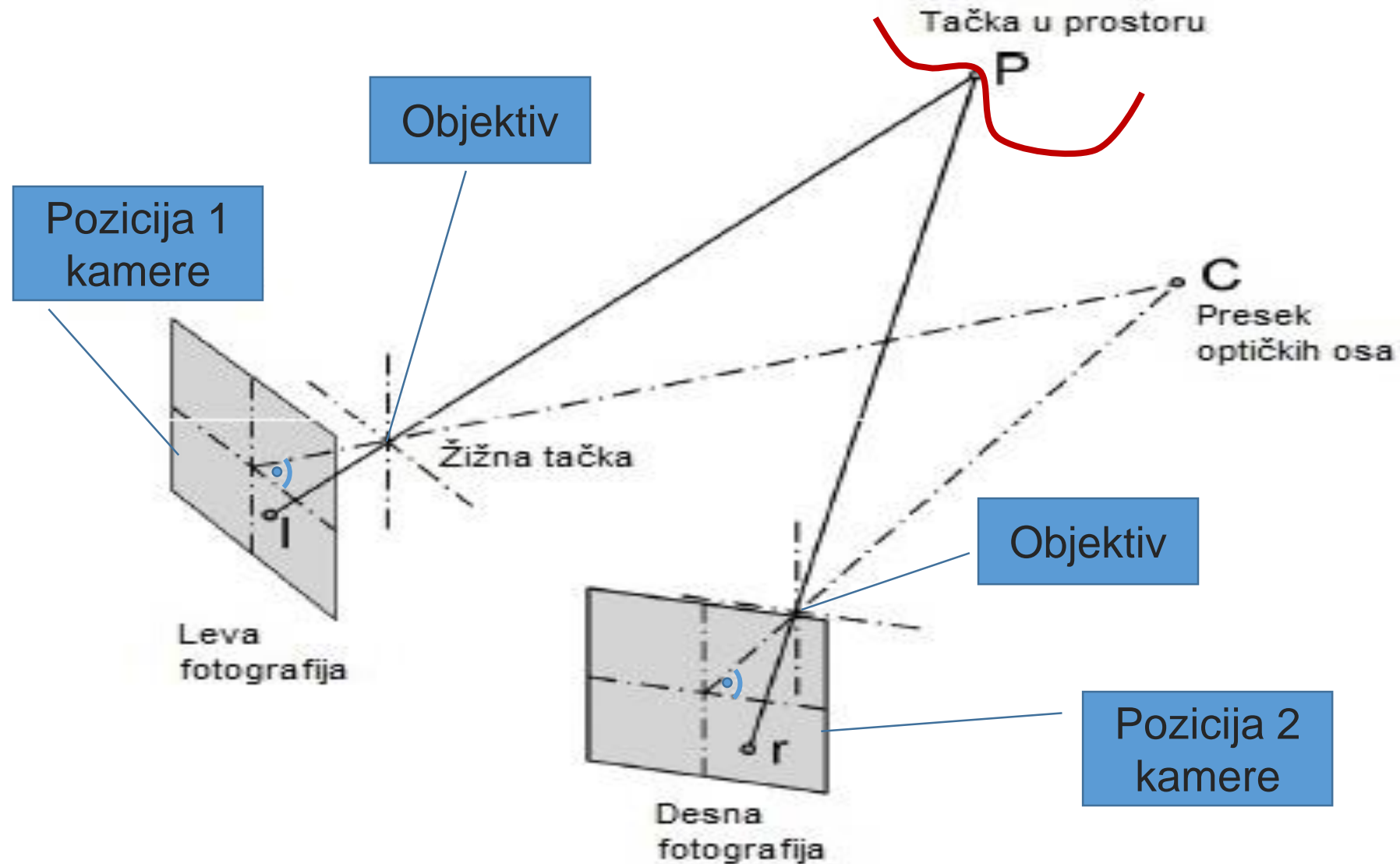
Projektovanje dve slike istog objekta, snimljene pod različitim uglovima, omogućuje stvaranje efekta treće dimenzije, tj. dubine.



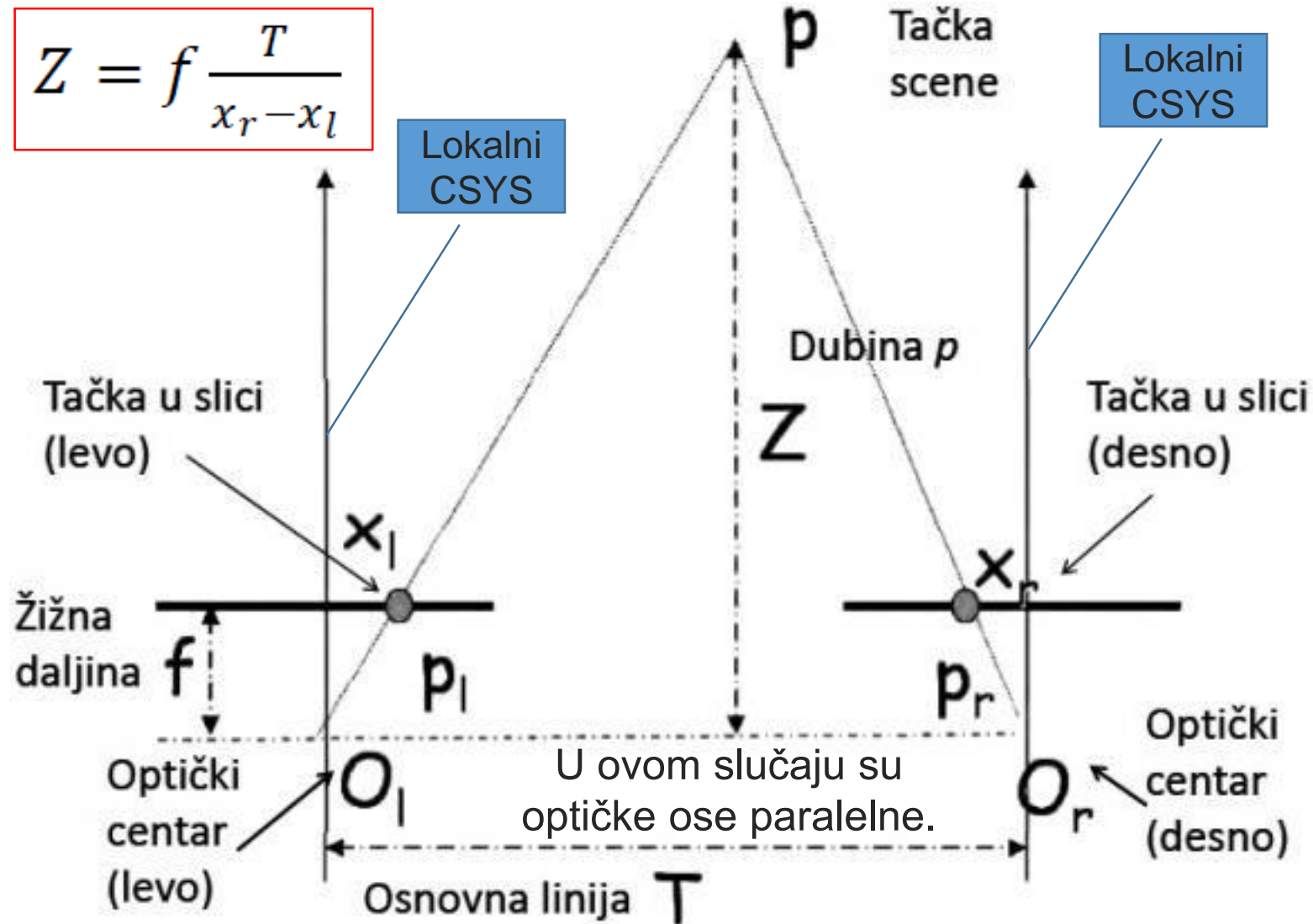
Princip stereovizijske fotogrametrije



Princip stereovizijske fotogrametrije



Princip stereovizijske fotogrametrije

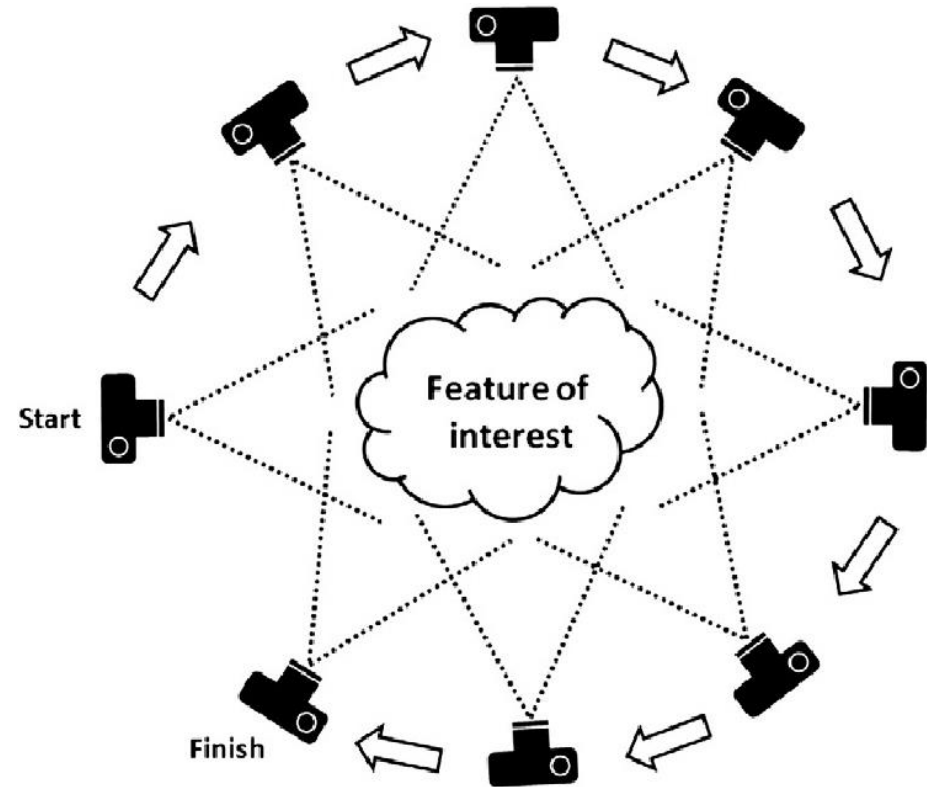
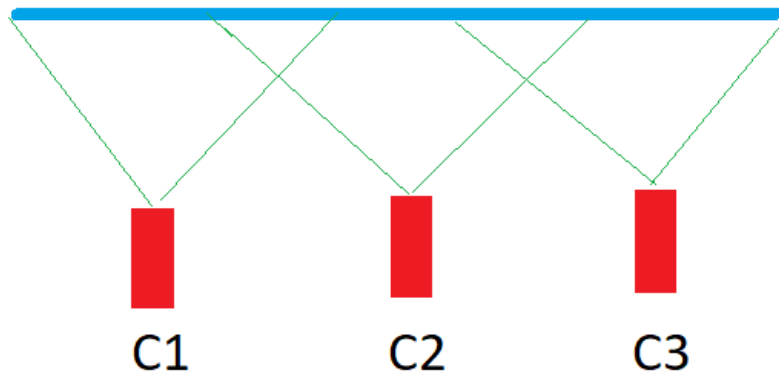


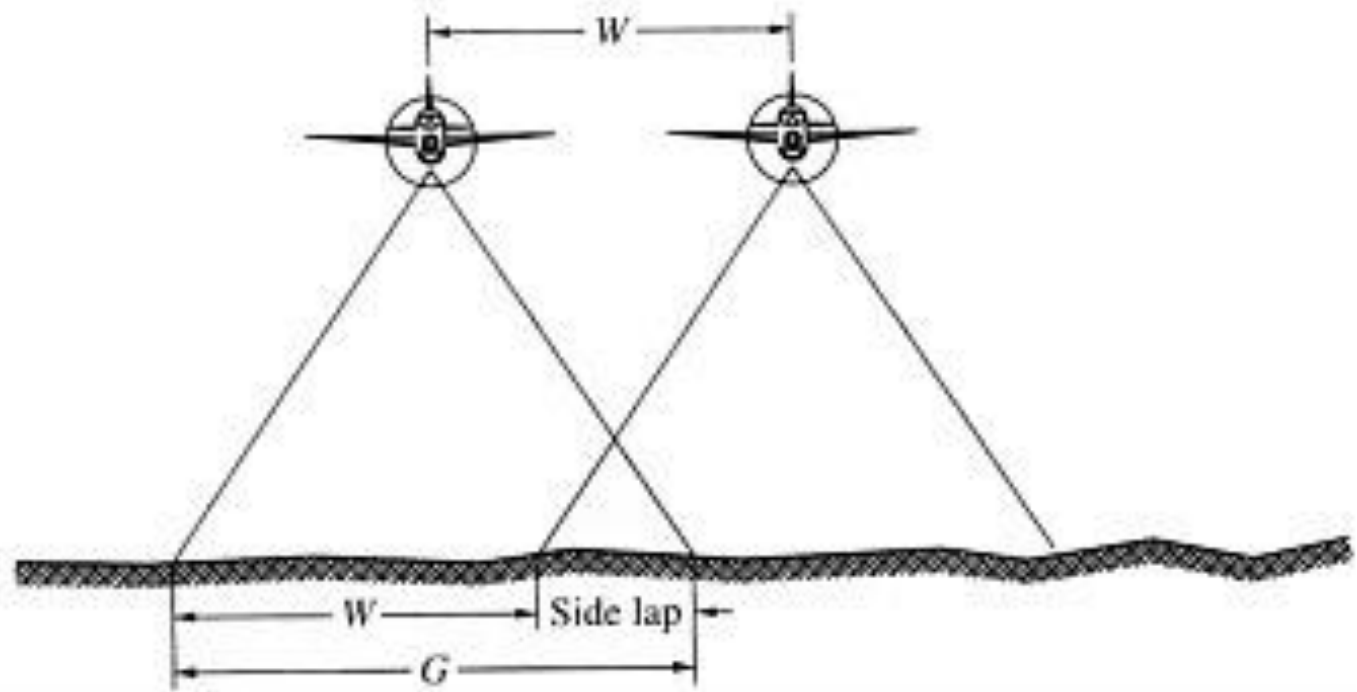
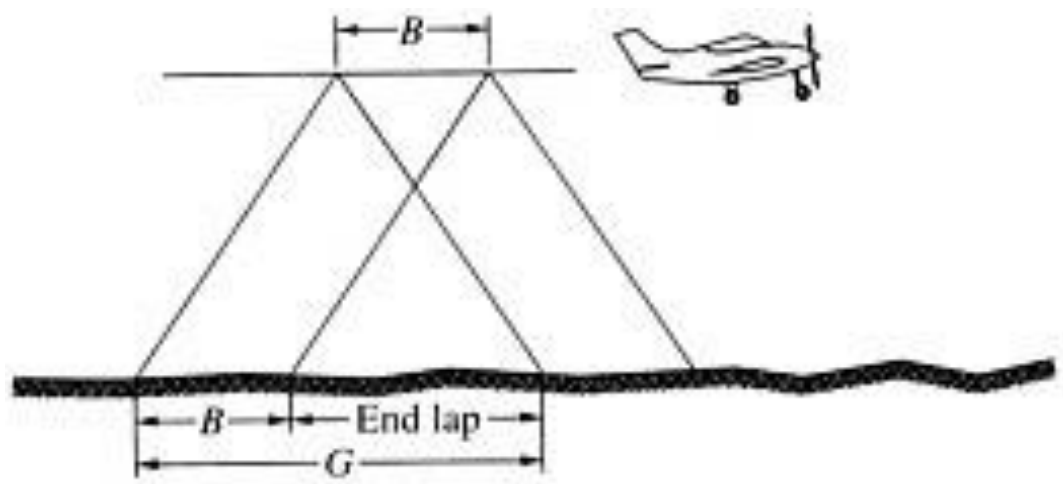
SfM fotogrametrija

Razlika između klasične fotogrametrije i fotogrametrije zasnovane na **SfM** (**Structure from motion**) prilazu (blisko-predmetna fotogrametrija) je u tome što prethodno nije potrebno imati kalibrisanu kameru.

Kod SfM prilaza parametri o kameri se izračunavaju u samom procesiranju fotografija na osnovu detektovanih karakterističnih obeležja-tačaka i taj proces se još naziva autokalibracija.

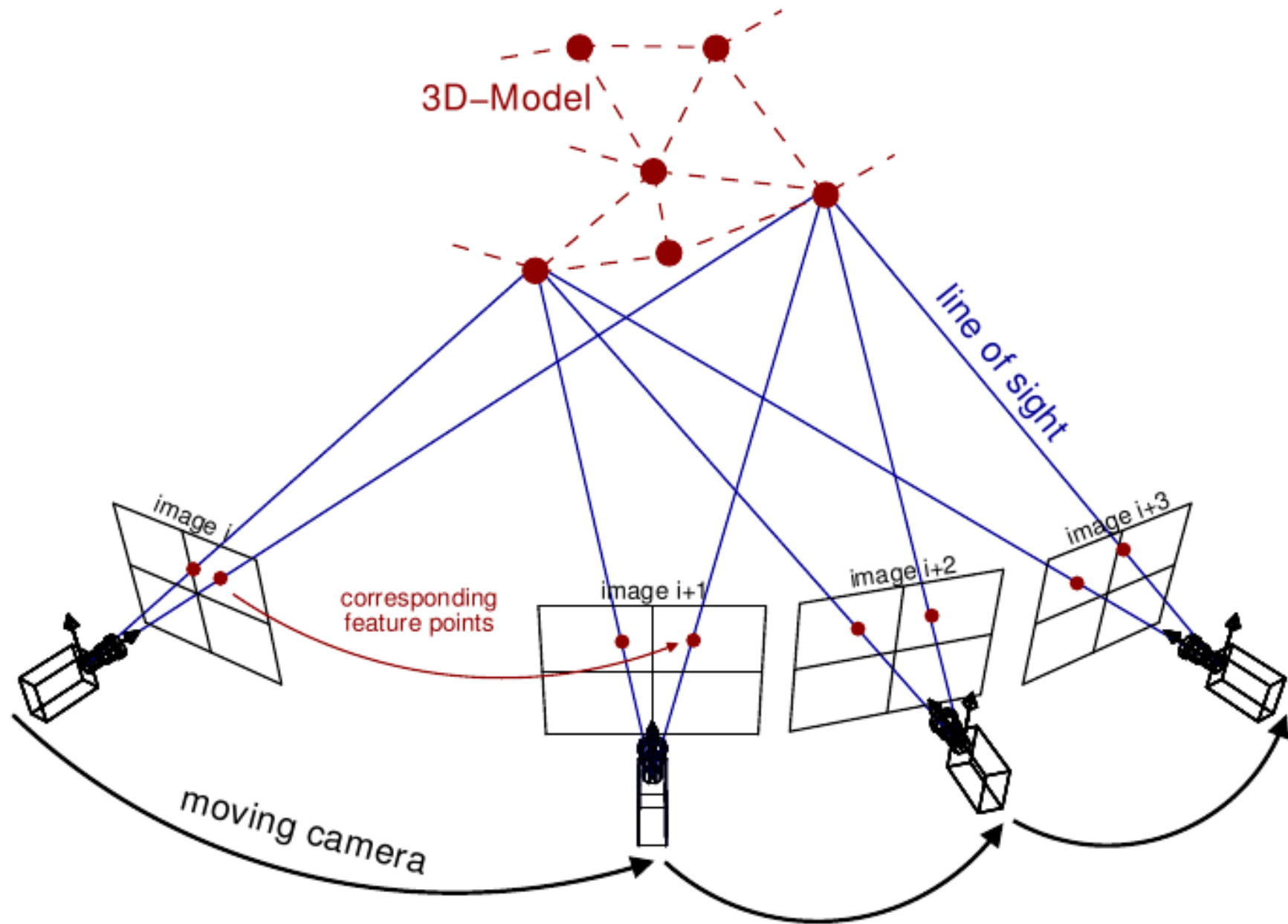
SfM je relativno nov fotogrametrijski pristup koji dobija sve širu primenu kod 3D digitalizacije proizvoda i mapiranja visoke rezolucije (ortoslike) na bazi slika dobijenih jeftinim kamerama, sa dovoljnim preklopom slika, odnosno završnim i bočnim preklopom (eng. endlap i sidelap) slika kod vazdušne (aerial) SfM (generalno 75-80 %).

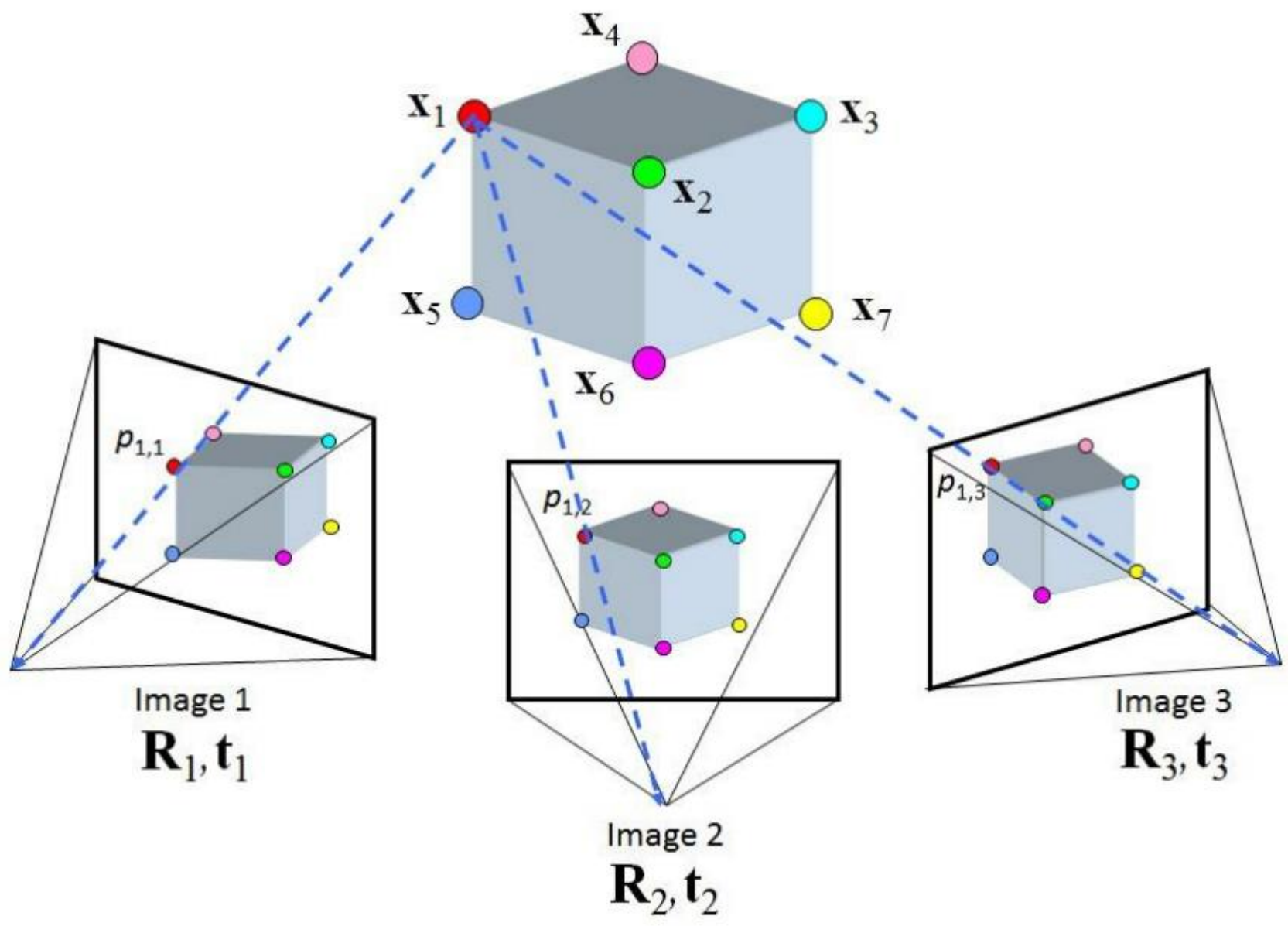




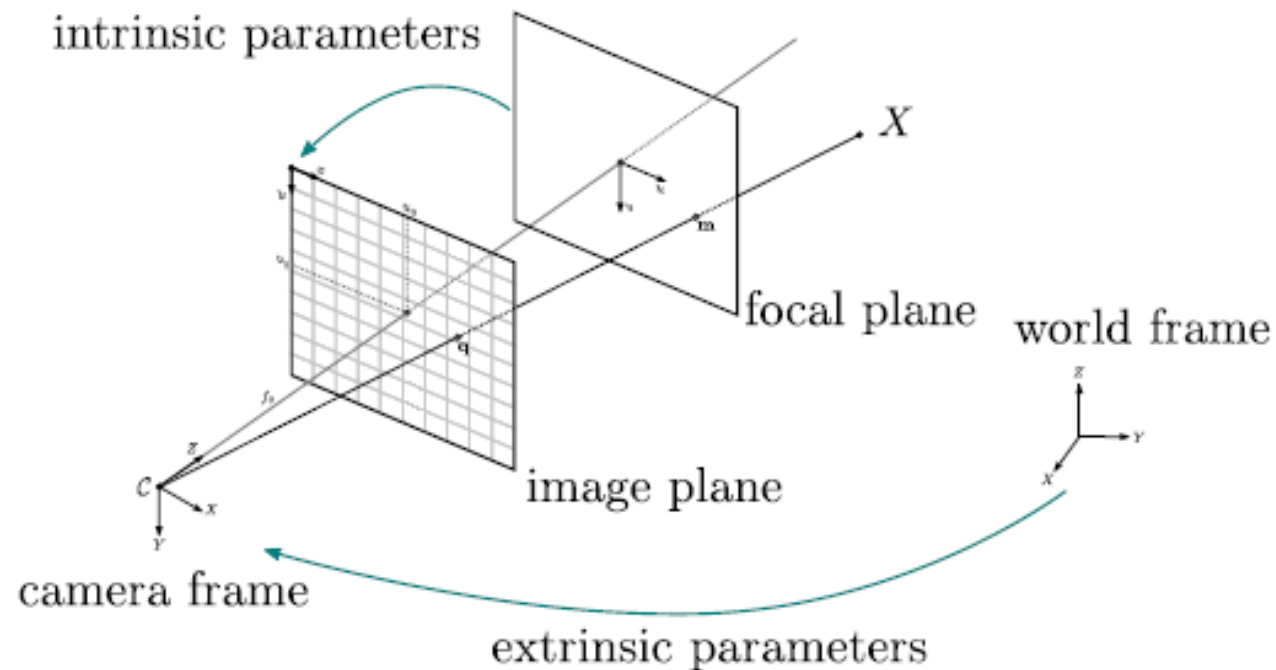
Opšti koraci SfM fotogrametrije:

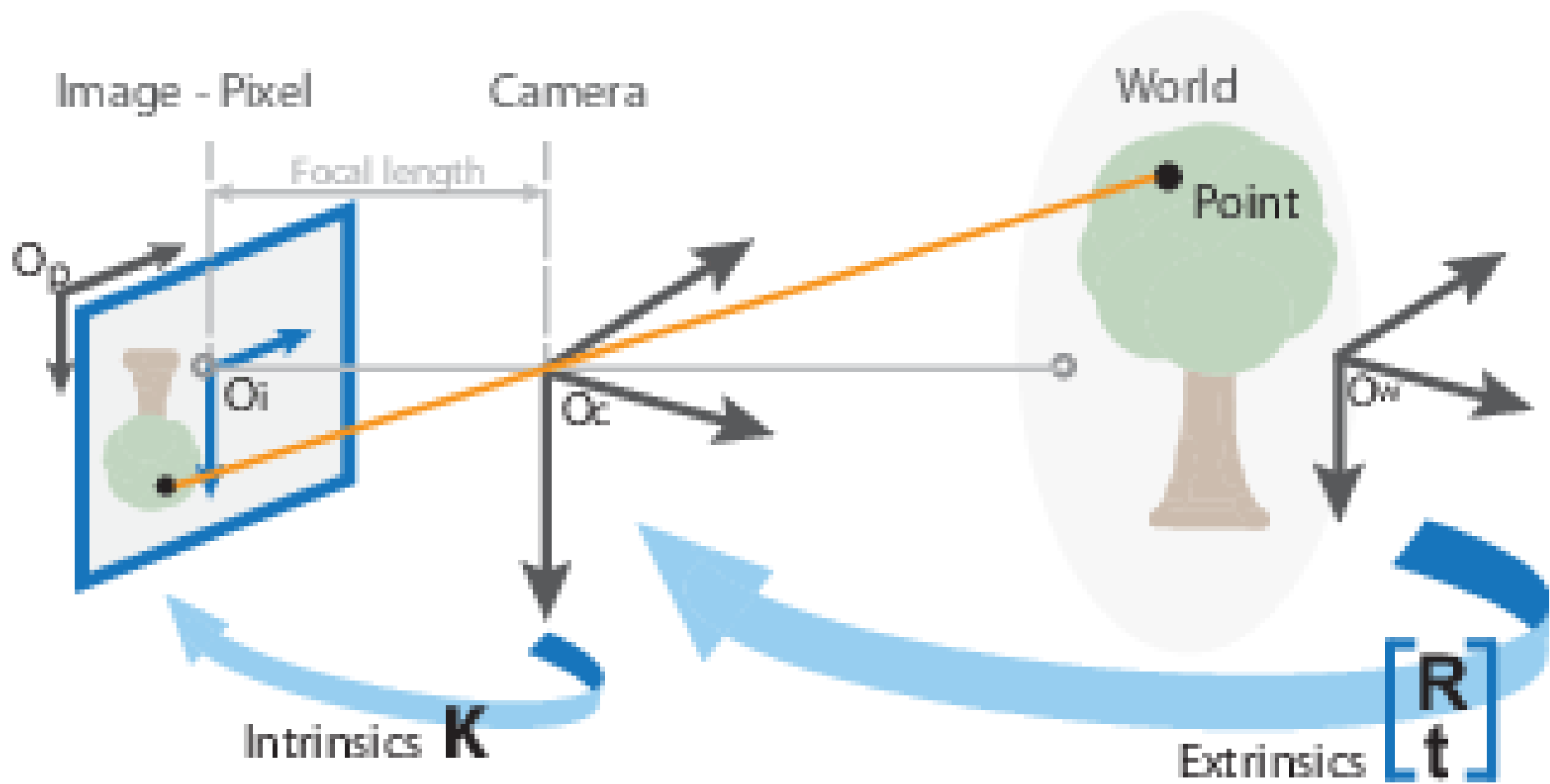
- Obrada počinje automatskim izdvajanjem (ekstrakcijom) ključnih obeležja iz prikupljenih slika.
- Izdvojena ključna obeležja se opisuju multidimenzionalnim decriptorima (npr. SIFT), koji prepoznaju podudaranje ovih ključnih obeležja preko multidimenzionalne maksimalne sličnosti deskriptora i outlier kriterijuma odbacivanja.





- Procedura SfM je praćena podešavanjem (prilagođavanjem) snopa, sa ciljem istovremenog određivanja **intrinzičnih** i **ekstrinzičnih** parametara orijentacije kamere, da bi se generisao retki oblak taćaka.
- Intrinzićni (osnovni) orijentacijski parametri opisuju optiće karakteristike kamere, kao što su njena Źižna daljina, principijelna taćka, koeficijent iskošenja i radijalni i tangencijalni koeficijenti izoblićenja soćiva.
- Parametri ekstrinzićne orijentacije su 3D pozicija i orijentacija kamere u trenutku snimanja slike.

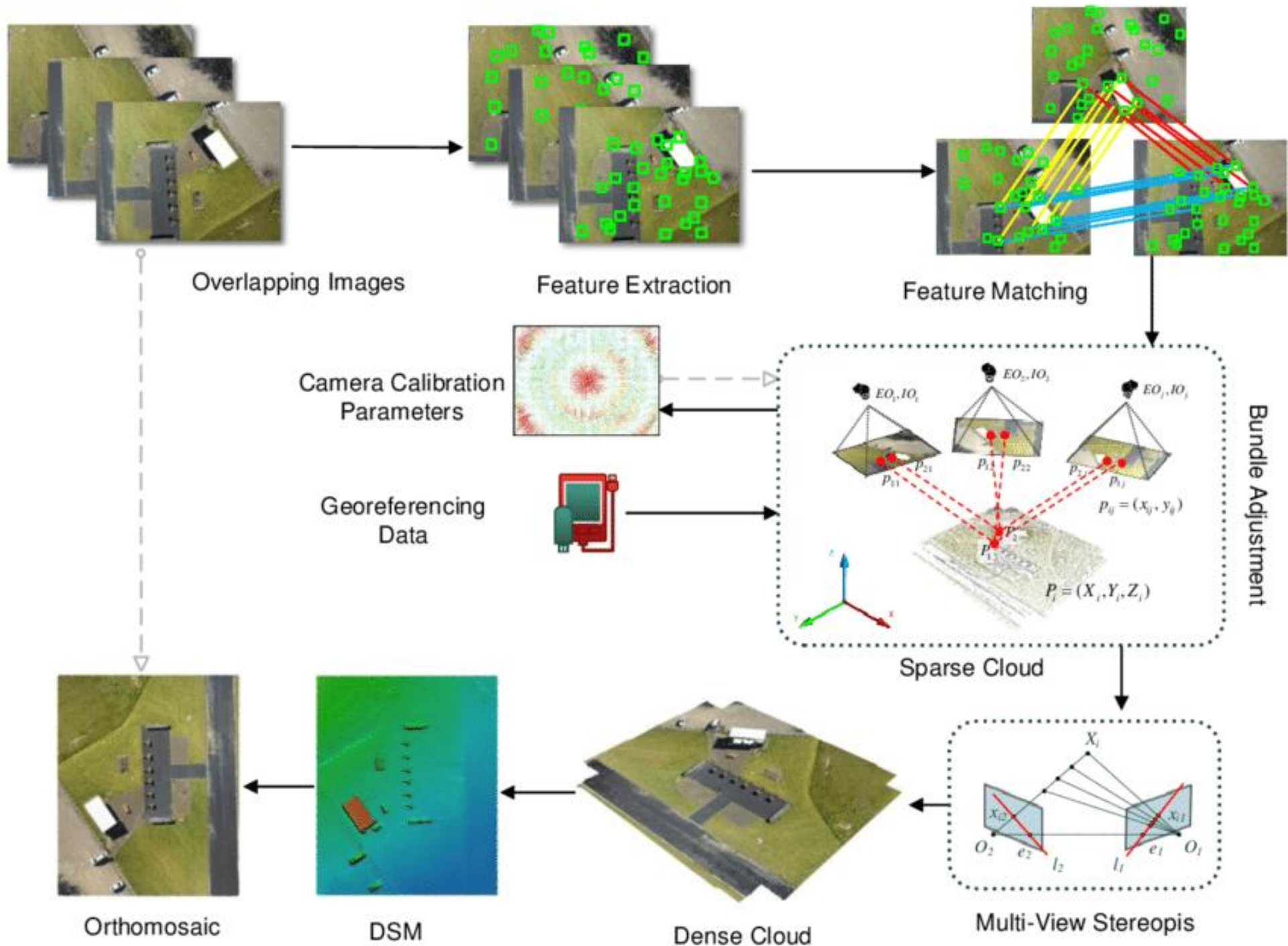




Rekonstruisani model je transformisan u realan-svetski koordinatni system primenom ili GCP-a (ground control points) ili preko UAS (Unmanned Aircraft System) -baziranog GNSS (global navigation satellite system) estimatora pozicije kamere.

Ovi podaci su uključeni u model i tipično su praćeni sekundarnim podešavanjem snopa.

Da bi se dopunio redak oblak tačaka, povećanje gustine se sprovodi algoritmom poznatim kao MVS (multi-view stereopsis) koji generiše dubinsku mapu pixela slike.



Uticajni faktori na tačnost fotogrametrije

1. Veličina objekta koji se digitalizuje
2. Broj (parova) fotografija
3. Višestruka pokrivenost objekta - preklapanje fotografija
(isti delovi objekta vidljivi na 2 i više fotografija)
4. Rezolucija fotografija

Uticajni faktori na tačnost fotogrametrije

Fotogrametrijska piramida tačnosti



Piramida tačnosti



Senzori slike

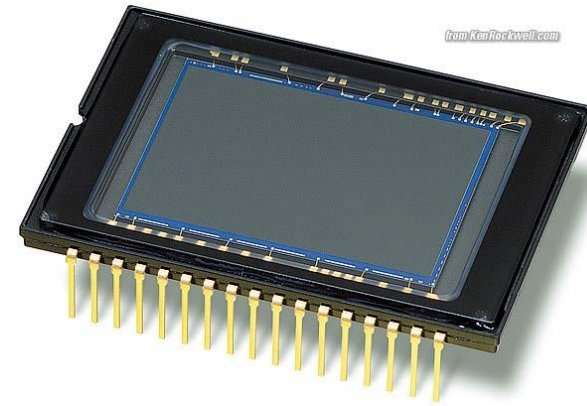
U primeni su dve vrste senzora:

- **CCD**
- **CMOS**

CCD ([engl. Charge Coupled Device](#)) je elektronski uređaj na čijoj se površini nalaze milioni fotosenzitivnih [dioda](#), poređanih u redove i kolone (poput [piksela](#) na monitoru računara).

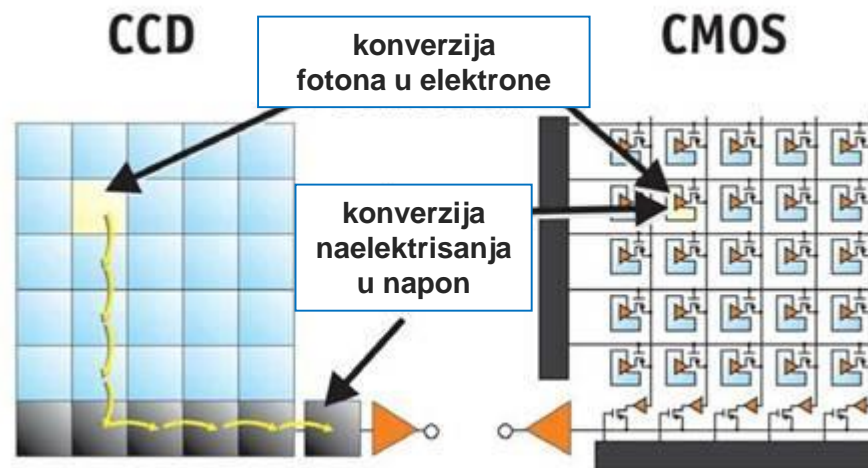
CMOS - Tehnologija komplementarnog metal-oksud-poluprovodnika je starija tehnologija koja je kasnije uvedena u oblast razvoja senzora slike.

Frank Vanlas patentirao je CMOS 1963. godine.



Senzori slike

- **Fotodioda pretvara** prikupljene **fotone** (svetlosni signal) u električni napon koji se pojačava do nivoa pogodnog za procesiranje od strane A/D konvertora.
- **A/D konvertor klasifikuje** analognu voltažu sa piksela na nivoe osvetljenja, i dodeljuje svakom nivou binarnu oznaku (digitalizacija slike).
- Fotodioda prikuplja samo količinu svetlosti, i da nema kolor filtera kojima su prekriveni, fotoaparat bi pravio samo crno-bele slike.





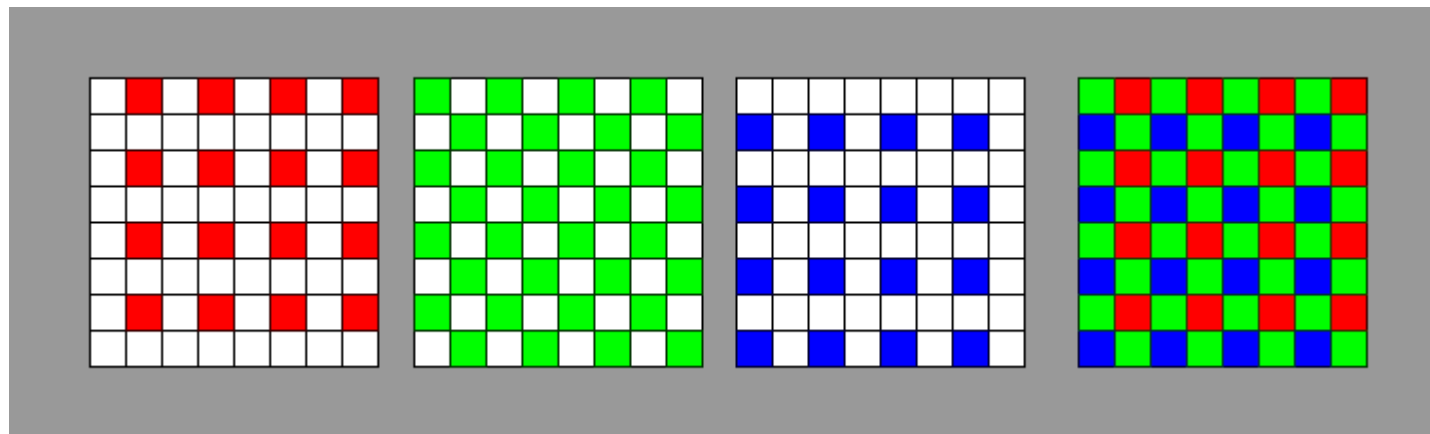
CCD



CMOS

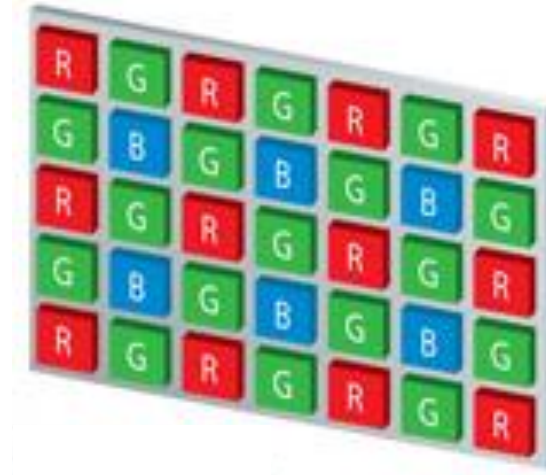
Senzori slike

- Da bi fotoapararat mogao da razlikuje boje, senzori se pokrivaju filterima različite boje – RGB (crvena, zelena, plava) ili CMY (cijan, magenta, žuta).
- Svaka fotodioda prikuplja informaciju o jednoj boji, a ostale boje se izračunavaju na osnovu vrednosti susednih piksela.
- Zbog toga se gubi na oštrini slike.



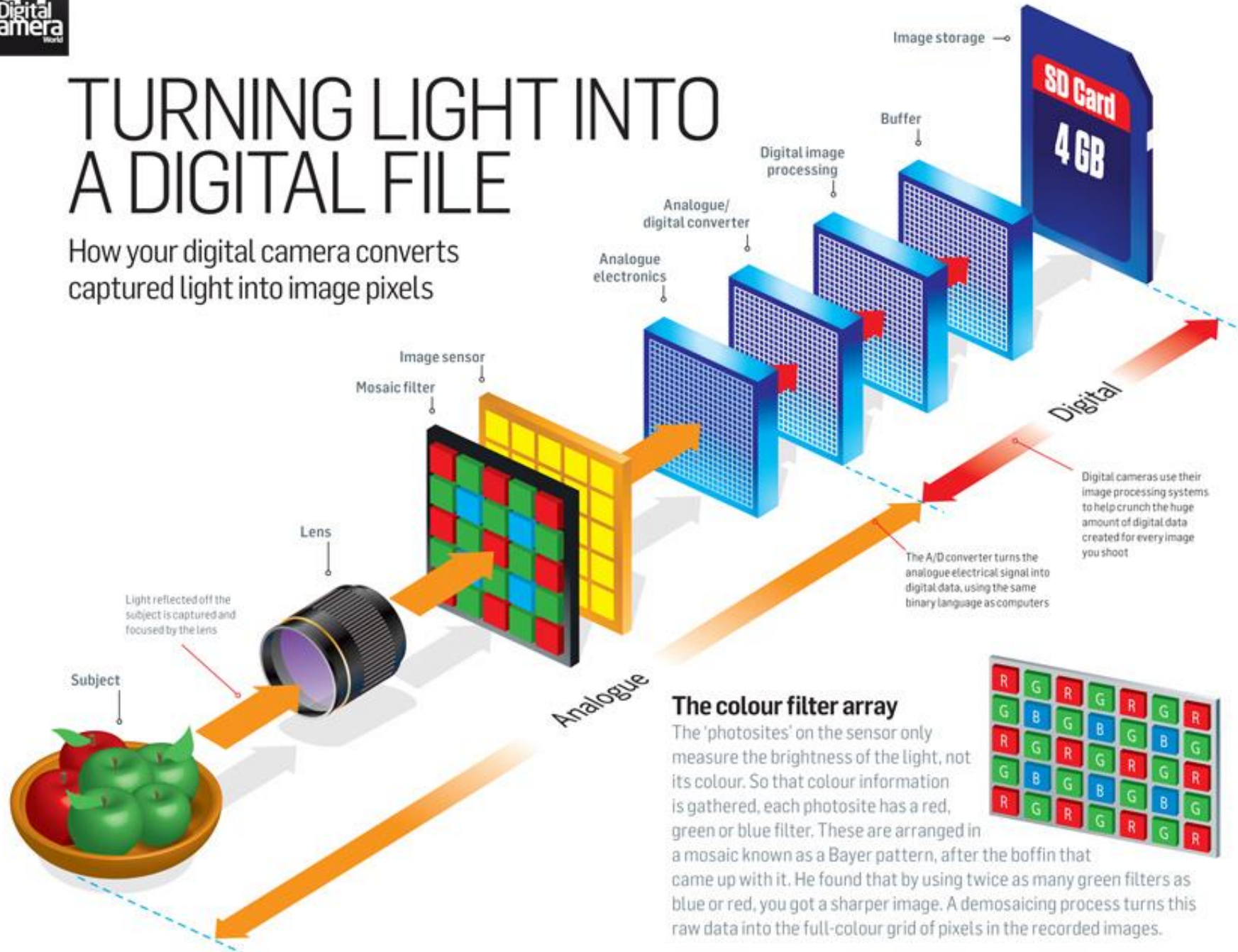
- **Bayer-ov pattern (šablon)**

Dvostruko više zelenih filtera (u odnosu na crvene i plave) daje oštiju sliku.



TURNING LIGHT INTO A DIGITAL FILE

How your digital camera converts captured light into image pixels



The colour filter array

The 'photosites' on the sensor only measure the brightness of the light, not its colour. So that colour information is gathered, each photosite has a red, green or blue filter. These are arranged in a mosaic known as a Bayer pattern, after the boffin that came up with it. He found that by using twice as many green filters as blue or red, you got a sharper image. A demosaicing process turns this raw data into the full-colour grid of pixels in the recorded images.



Karakteristike predmeta za fotografisanje

U osnovne karakteristike predmeta koji se digitalizuje fotogrametrijom spadaju:

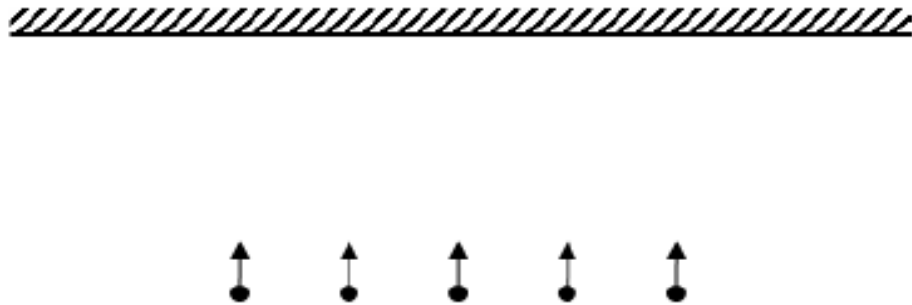
- **Oblik objekta:**
 - zapreminski ili fasadni,
- **Teksturisanost površine objekata:**
 - monotona ili dinamična,
- **Refleksivnost površine objekata:**
 - niska ili visoka.

Fotografisanje u zavisnosti od oblika objekta

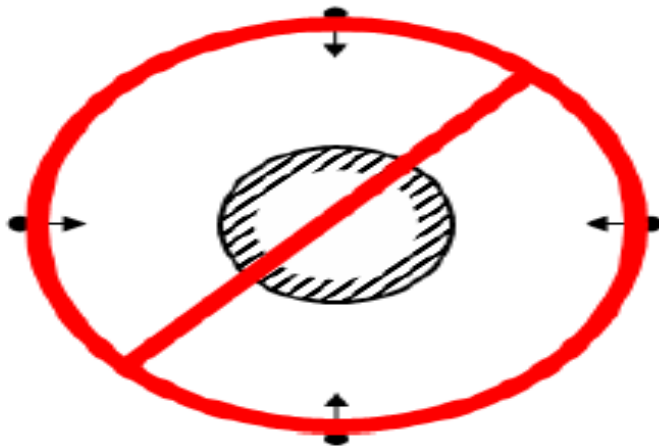
Fasadno slikanje (netačno)



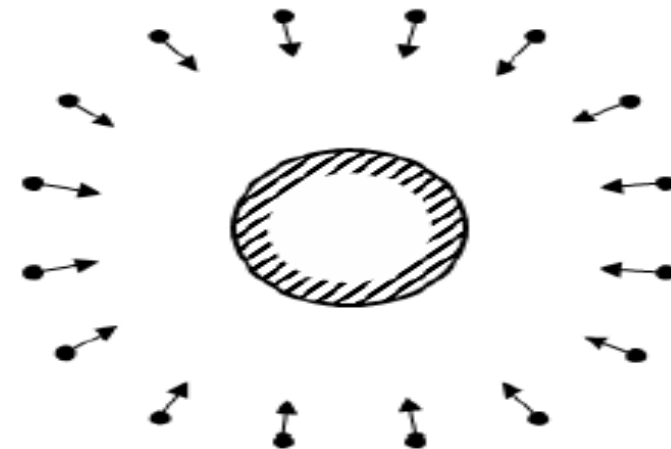
Fasadno slikanje (tačno)



Izolovani objekat (netačno)

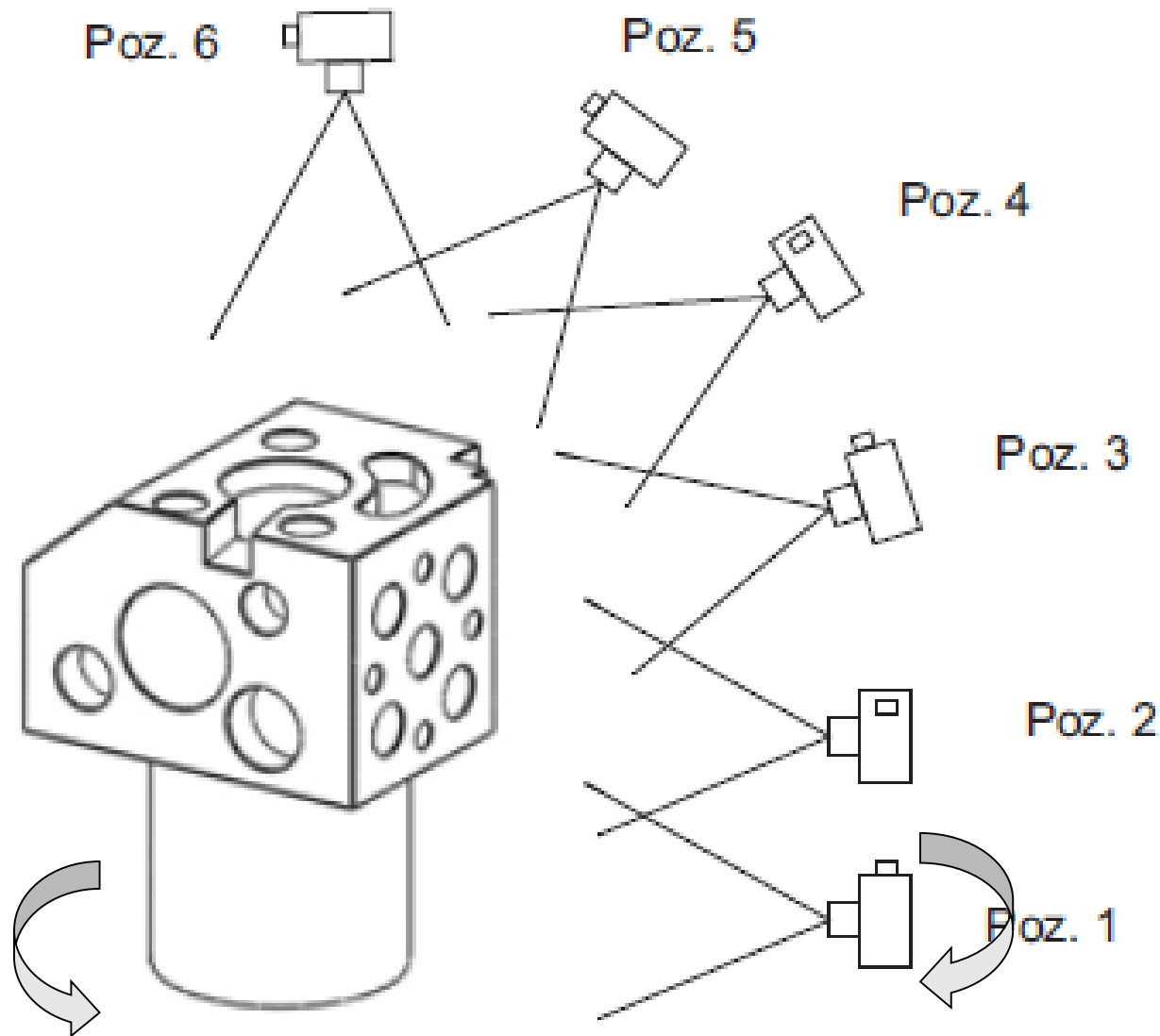


Izolovani objekat (tačno)



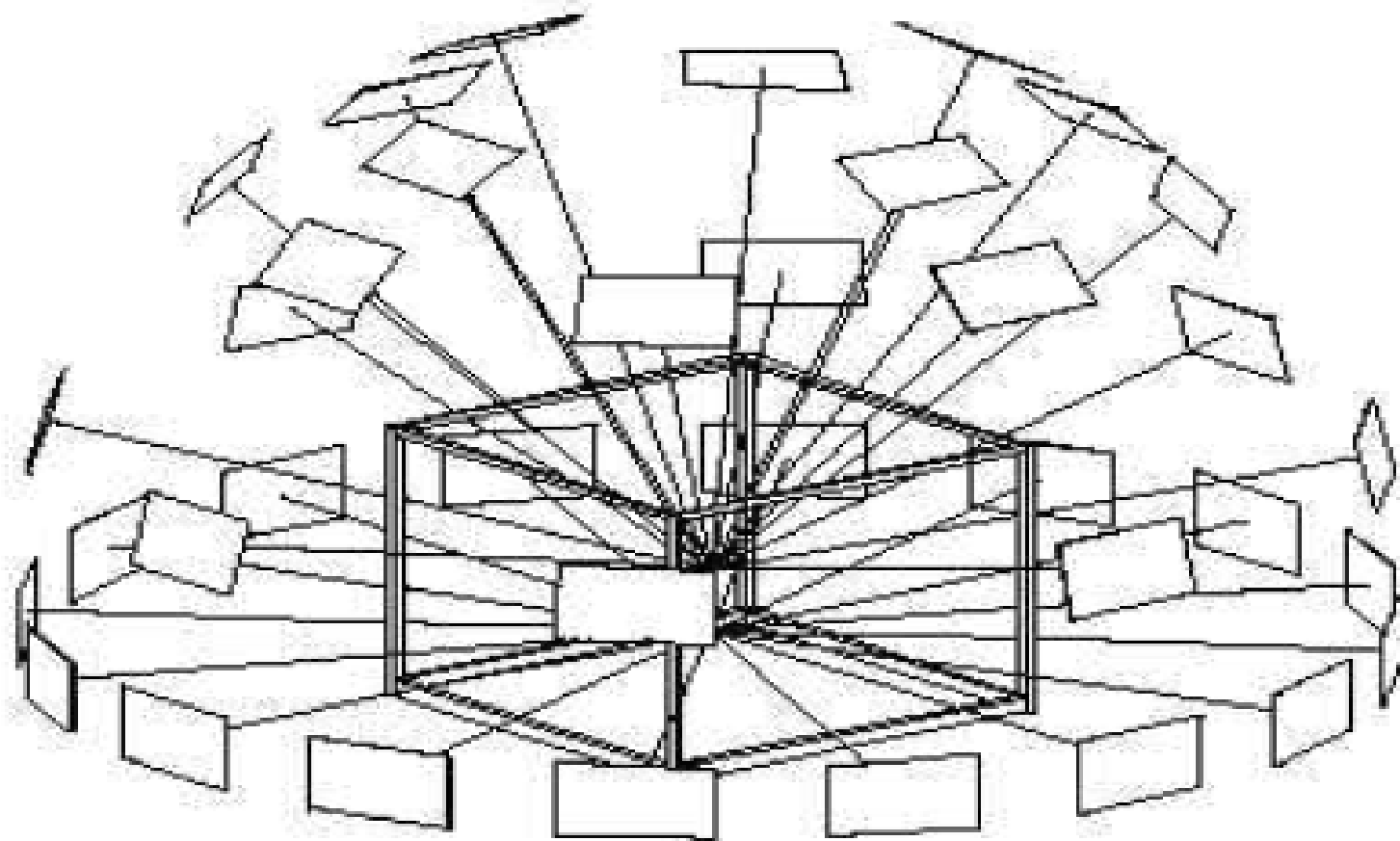
Fotografisanje u zavisnosti od oblika objekta

ZAPREMINSKI OBJEKTI



Fotografisanje u zavisnosti od oblika objekta

ZAPREMINSKI OBJEKTI

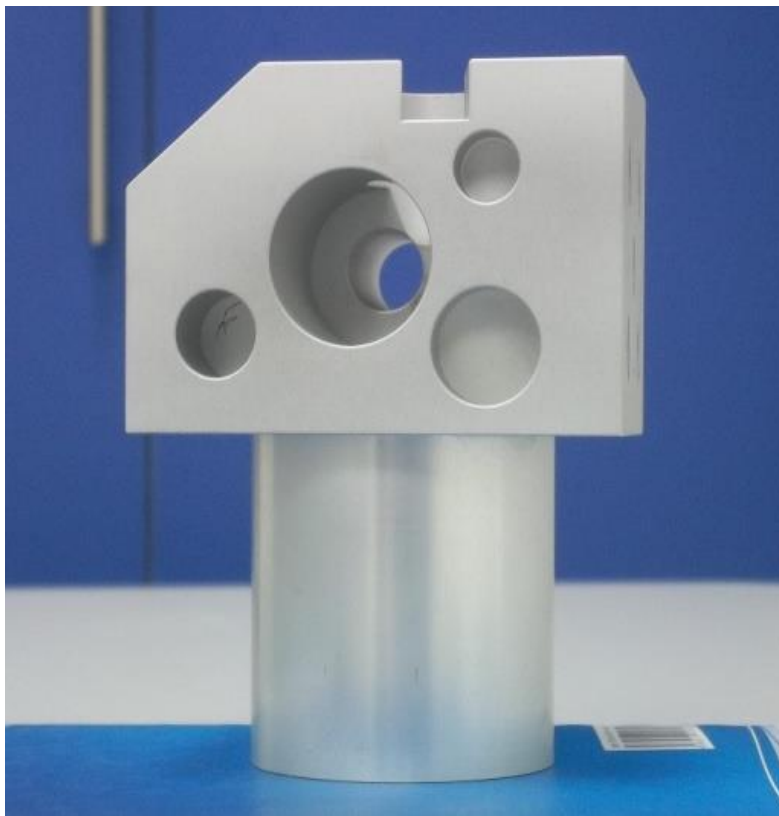


Karakteristike predmeta za fotografisanje

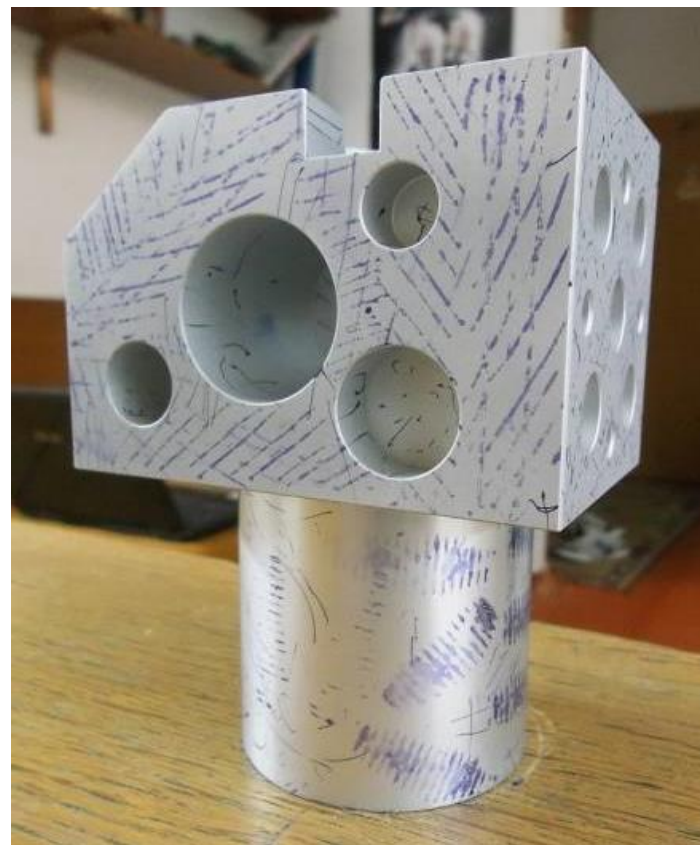
U slučaju monotone teksturisanosti površine objekata, primenjuju se dva pristupa:

- 1) manuelno nanošenje teksture (lepljenjem ili premazivanjem)**
- 2) projektovanje digitalnih tekstura pomoću LCD projektora.**

Manuelno nanošenje teksture

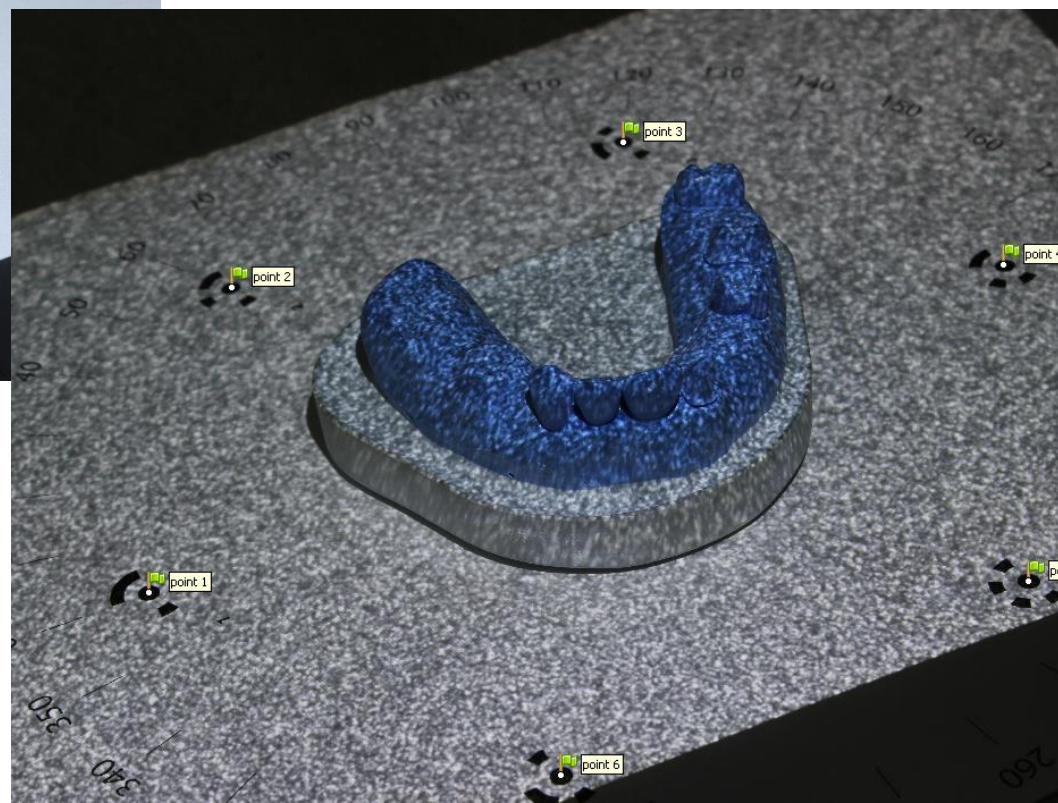
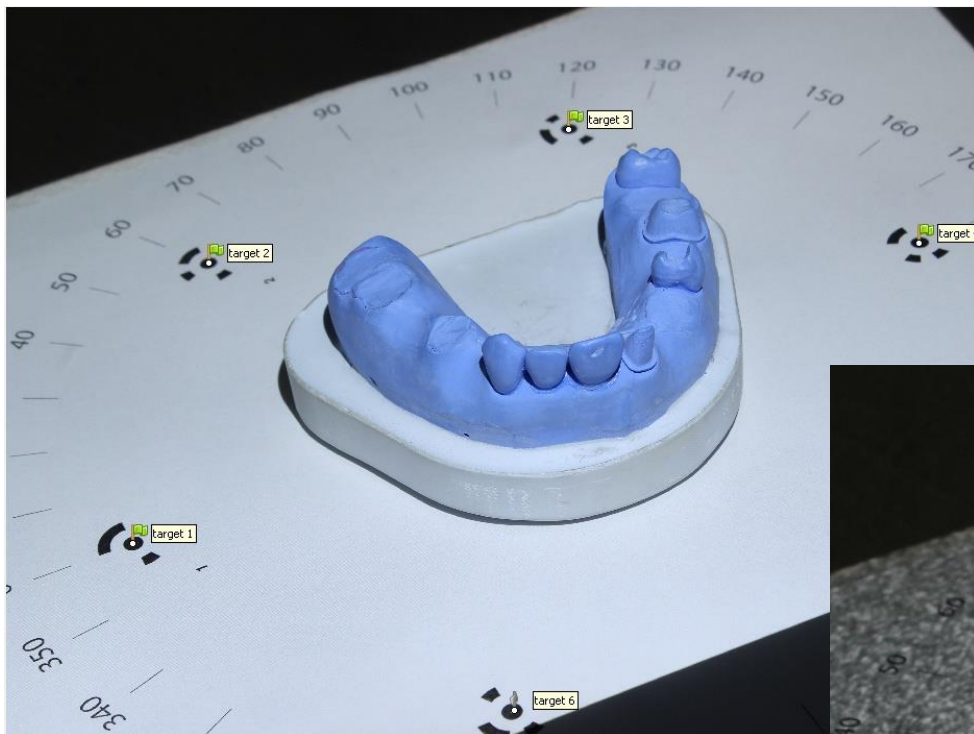


Nepovoljan predmet (visoka refleksija, nema uočljivu teksturu)



Povoljan predmet (smanjena refleksija, uočljiva tekstura)

Digitalno teksturisanje



Osvetljenje

Izvori osvetljenja:

- prirodni izvori (sunce, zvezde, munje),
- veštački izvori (nastaju sagorevanjem gasova, ulja, sveća i sličnih materija, ili isijavanjem iz užarenih metala, užarenih vlakana i sl.).

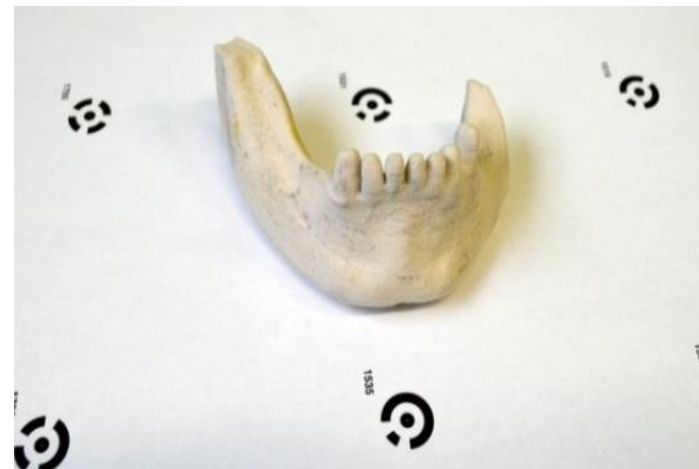
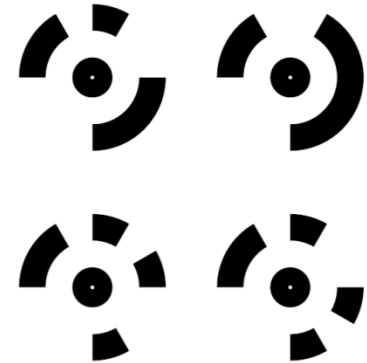
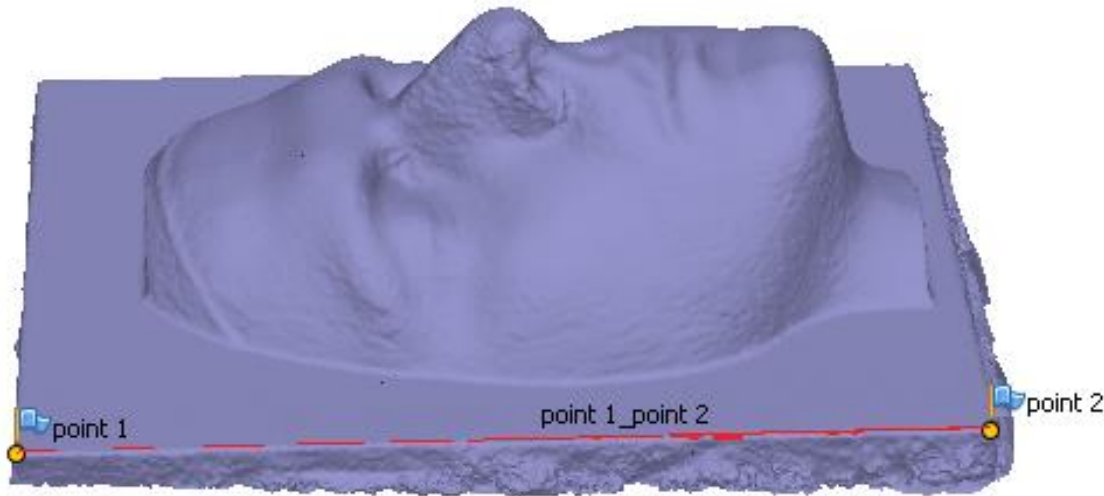
Pravac i smer osvetljenja:

- direktno
- indirektno (raspršeno, difuzno)
- bočno
- pozadinsko svetlo



Skaliranje modela

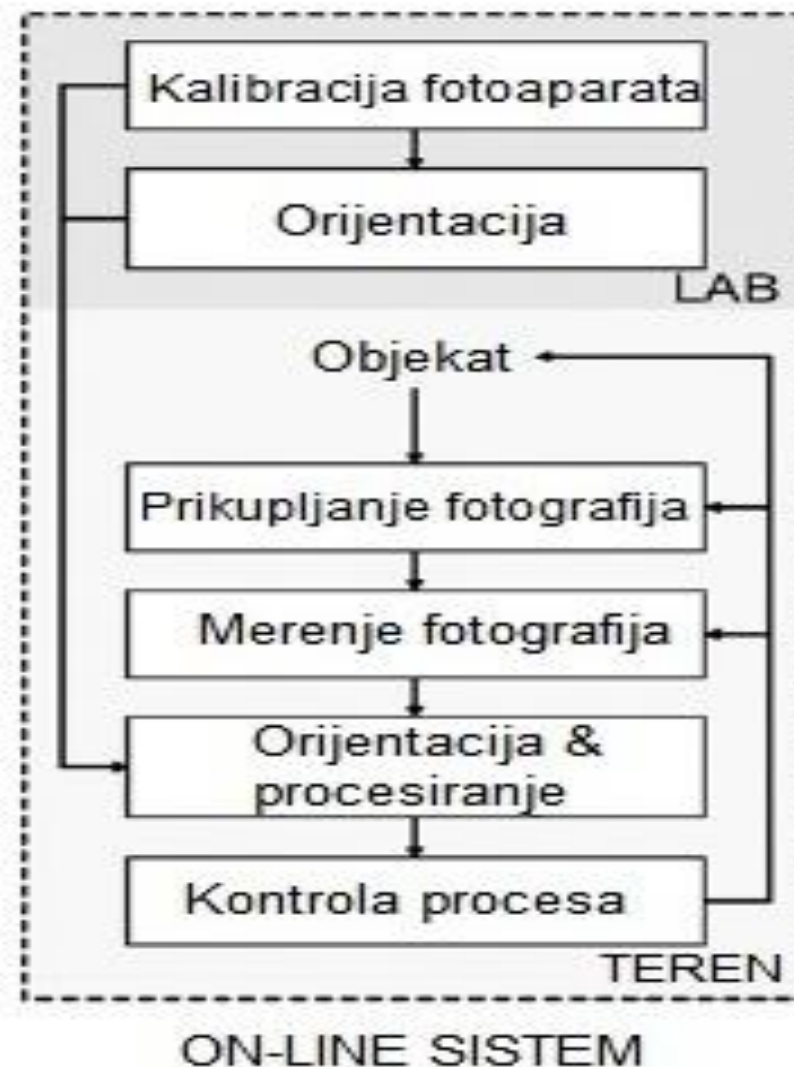
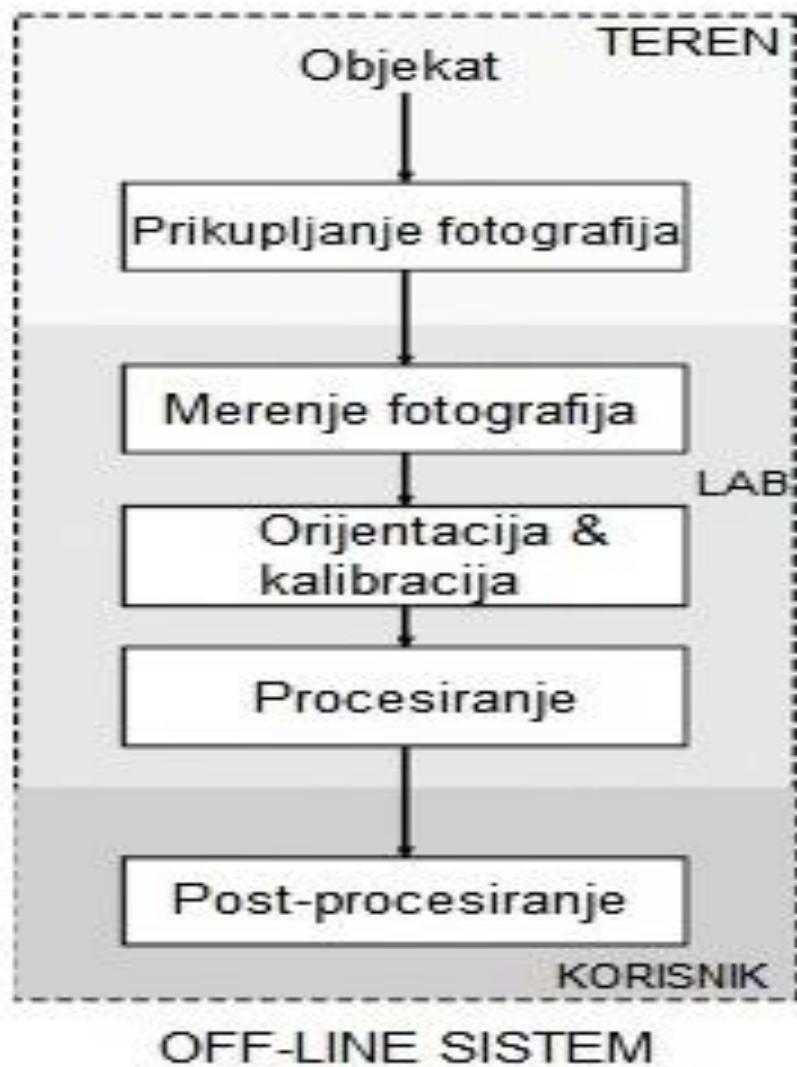
- Dva pristupa za skaliranje (dimenzionisanje) 3D modela:
- 1) preko dimenzionisanih obeležja na predmetu i
 - 2) pomoću kodiranih markera.

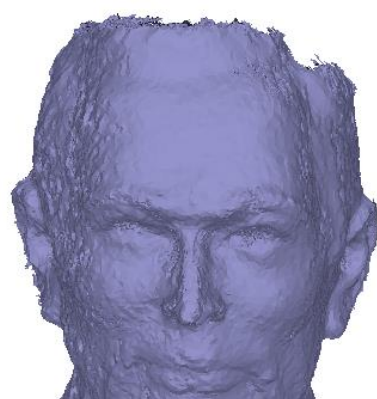
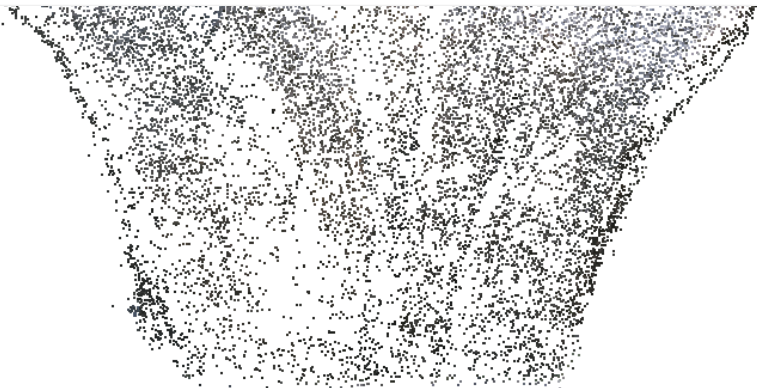
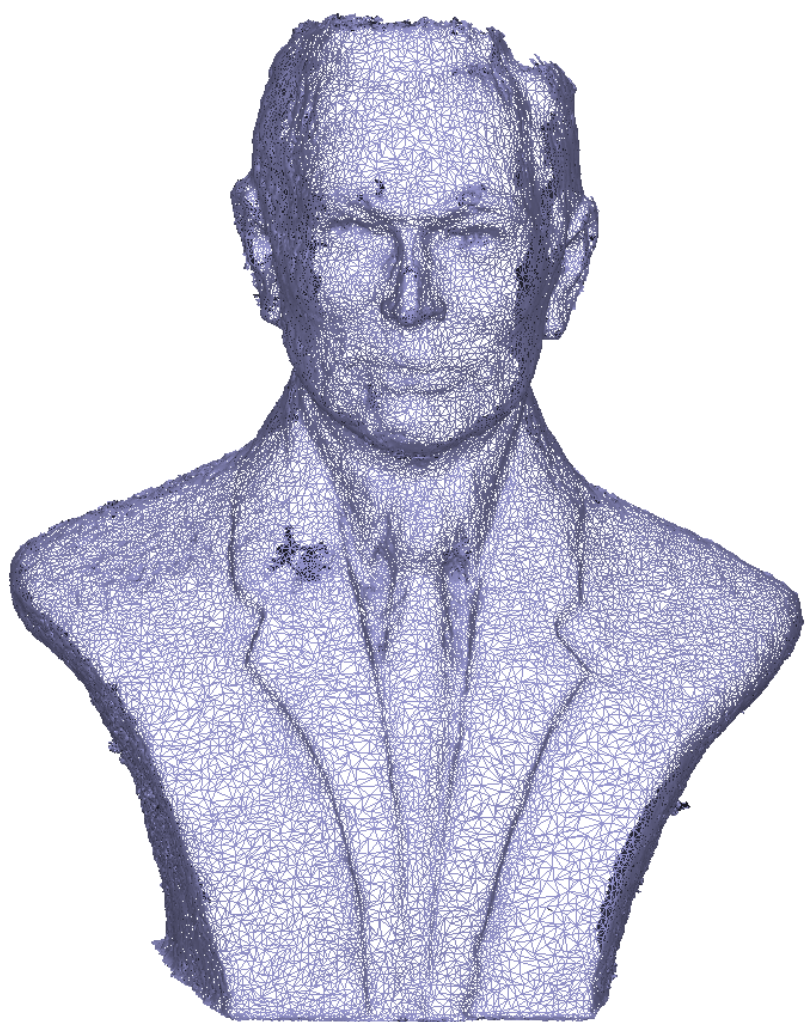


Osnovne smernice za fotografisanje objekta:

- Treba koristiti digitalni fotoaparatus sa optimalno visokom rezolucijom (5Mpix i više);
- Treba izbegavati objekte glatke površine;
- Poželjno je fotografisati objekte visokog sjaja po oblačnom vremenu;
- Treba načiniti fotografije objekta sa što više preklapanja;
- Fotografisati najvažniji deo objekta iz više različitih položaja.

Fotogrametrijski sistemi







Set fotografija



IMG_5643.JPG



IMG_5644.JPG



IMG_5645.JPG



IMG_5646.JPG



IMG_5647.JPG



IMG_5648.JPG



IMG_5649.JPG



IMG_5650.JPG



IMG_5651.JPG



IMG_5652.JPG



IMG_5653.JPG



IMG_5654.JPG



IMG_5655.JPG



IMG_5656.JPG



IMG_5657.JPG



IMG_5658.JPG



IMG_5659.JPG



IMG_5660.JPG



IMG_5661.JPG



IMG_5662.JPG



IMG_5663.JPG



IMG_5664.JPG



IMG_5665.JPG



IMG_5666.JPG



IMG_5667.JPG



IMG_5668.JPG



IMG_5669.JPG



IMG_5670.JPG



IMG_5671.JPG



IMG_5672.JPG



IMG_5673.JPG



IMG_5674.JPG



IMG_5675.JPG



IMG_5676.JPG



IMG_5677.JPG



IMG_5678.JPG



IMG_5679.JPG



IMG_5680.JPG

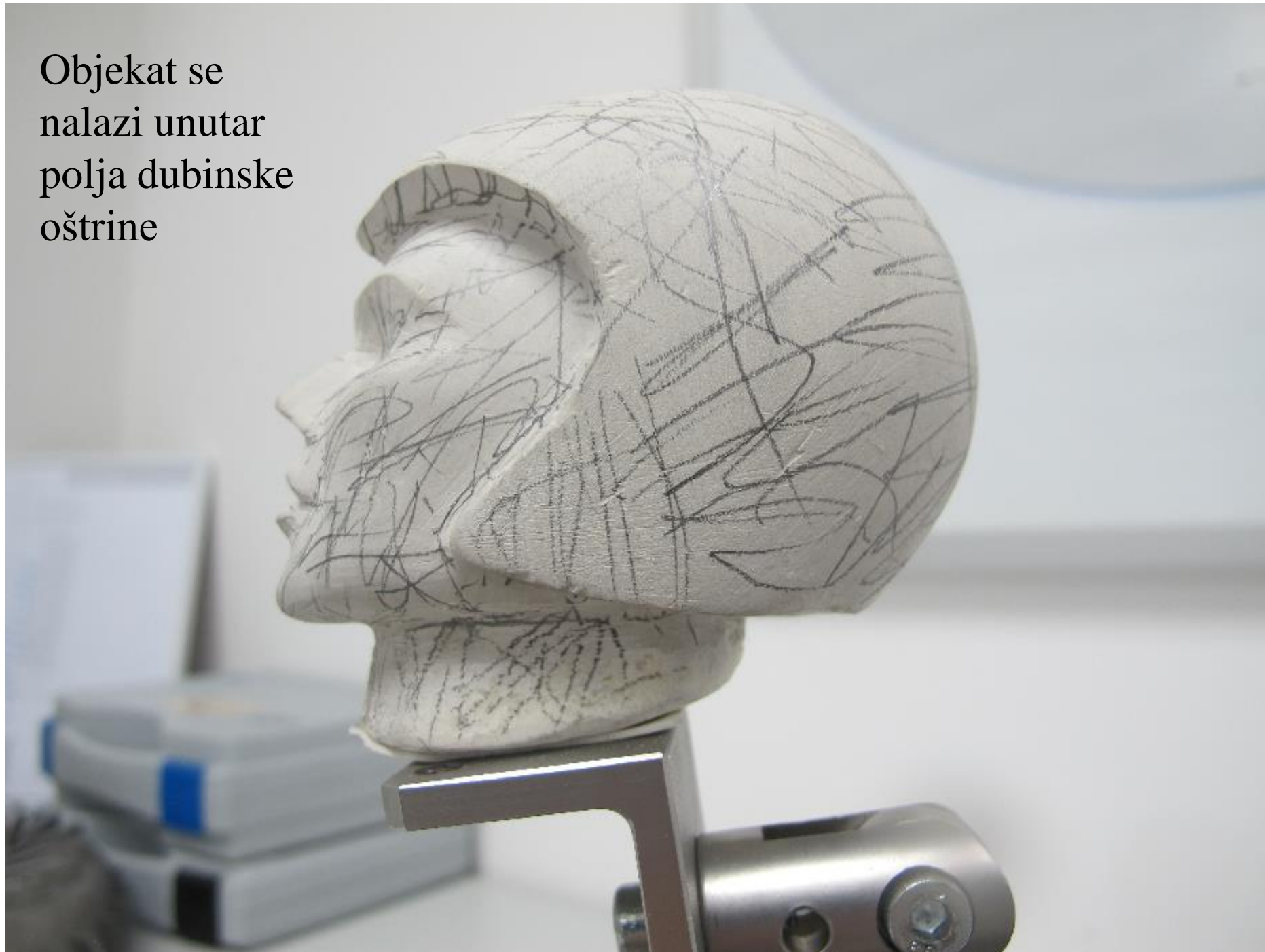


IMG_5681.JPG

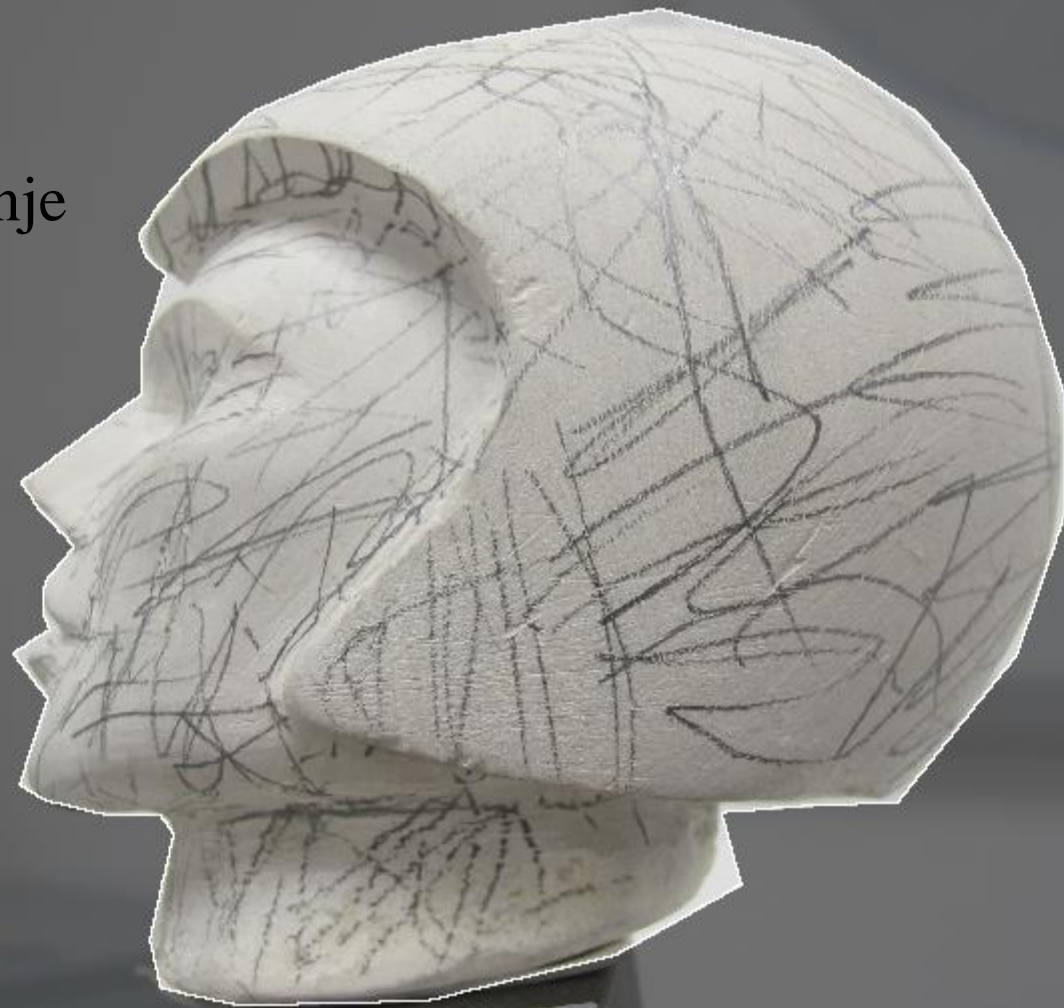


IMG_5682.JPG

Objekat se
nalazi unutar
polja dubinske
oštine



Kreiranje
maski,
odstranjivanje
pozadine

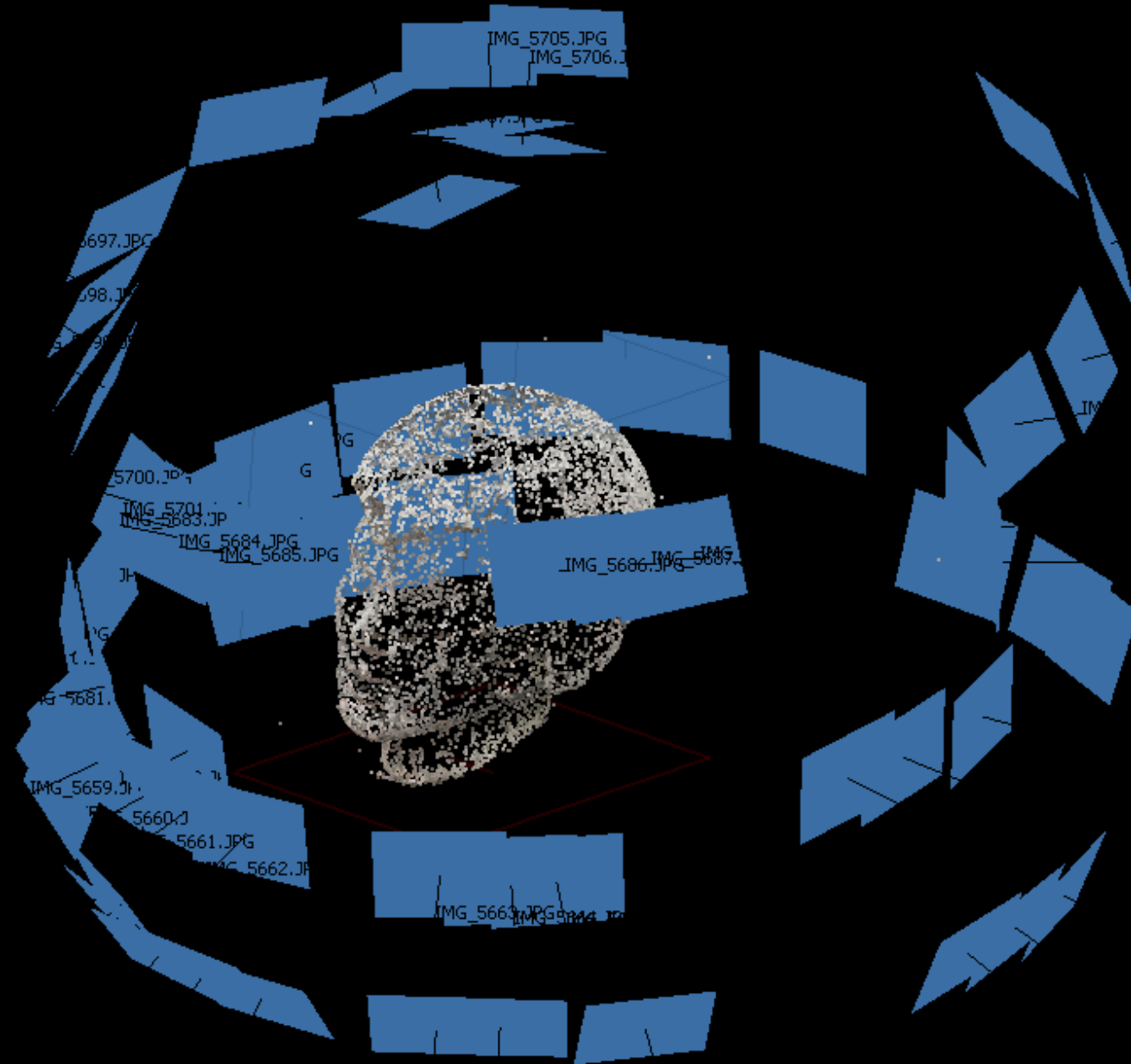


Pronađene i
preklopljene
tačke

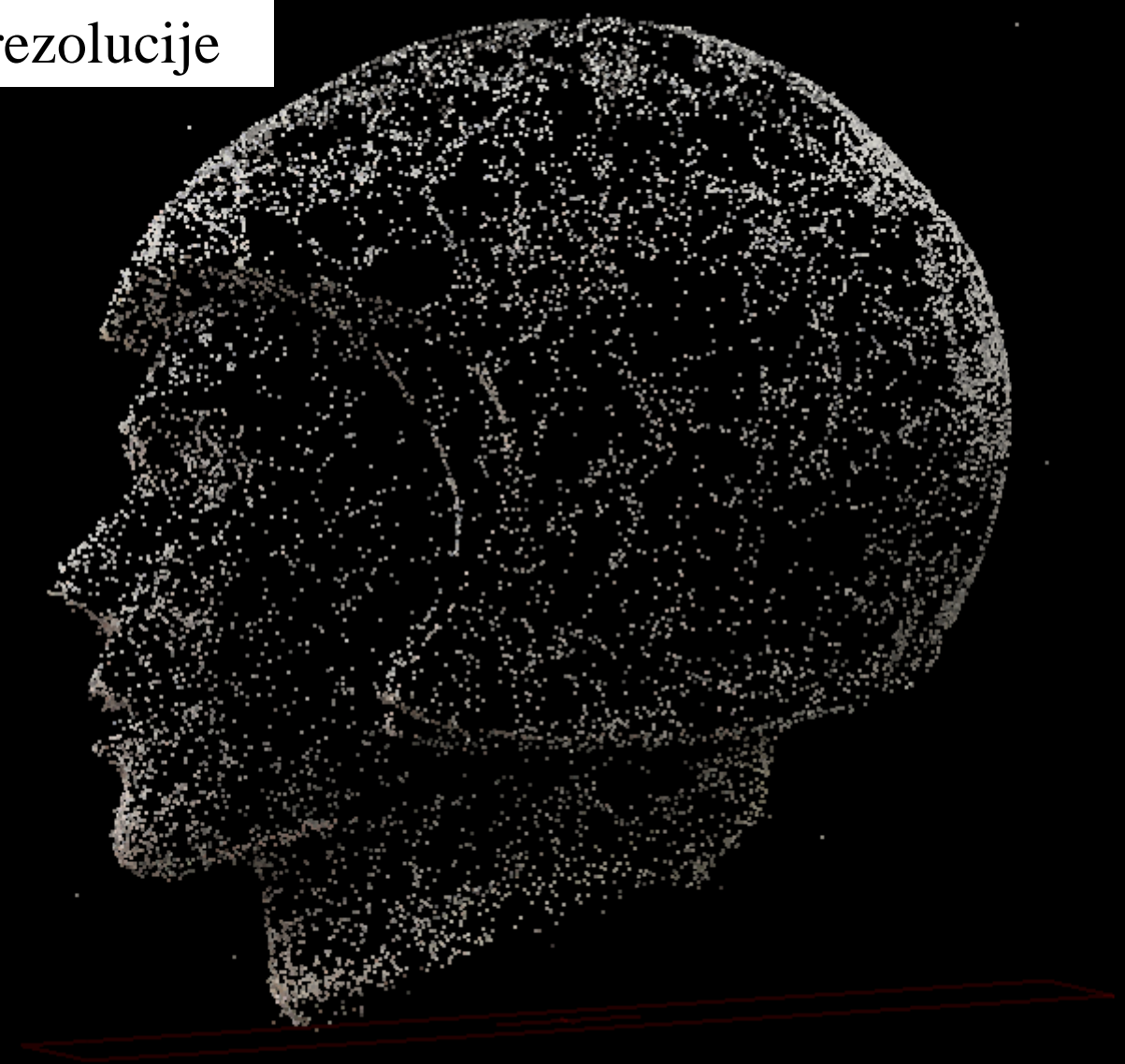


Rezultat
poravnavanja
fotografija

Oblak tačaka
niske rezolucije i
položaji sa kojih
su snimljene
fotografije



Oblak tačaka
niske rezolucije

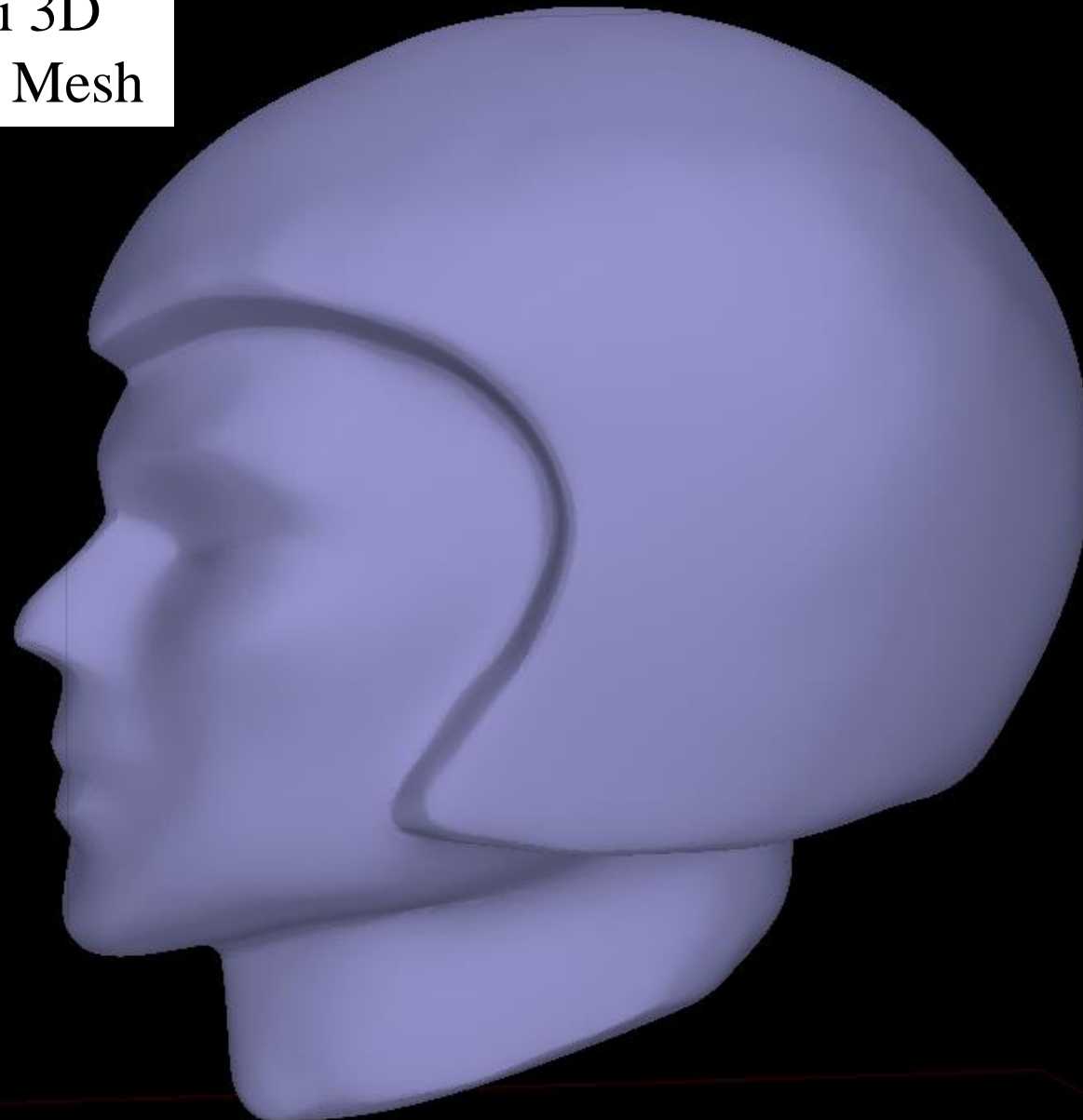


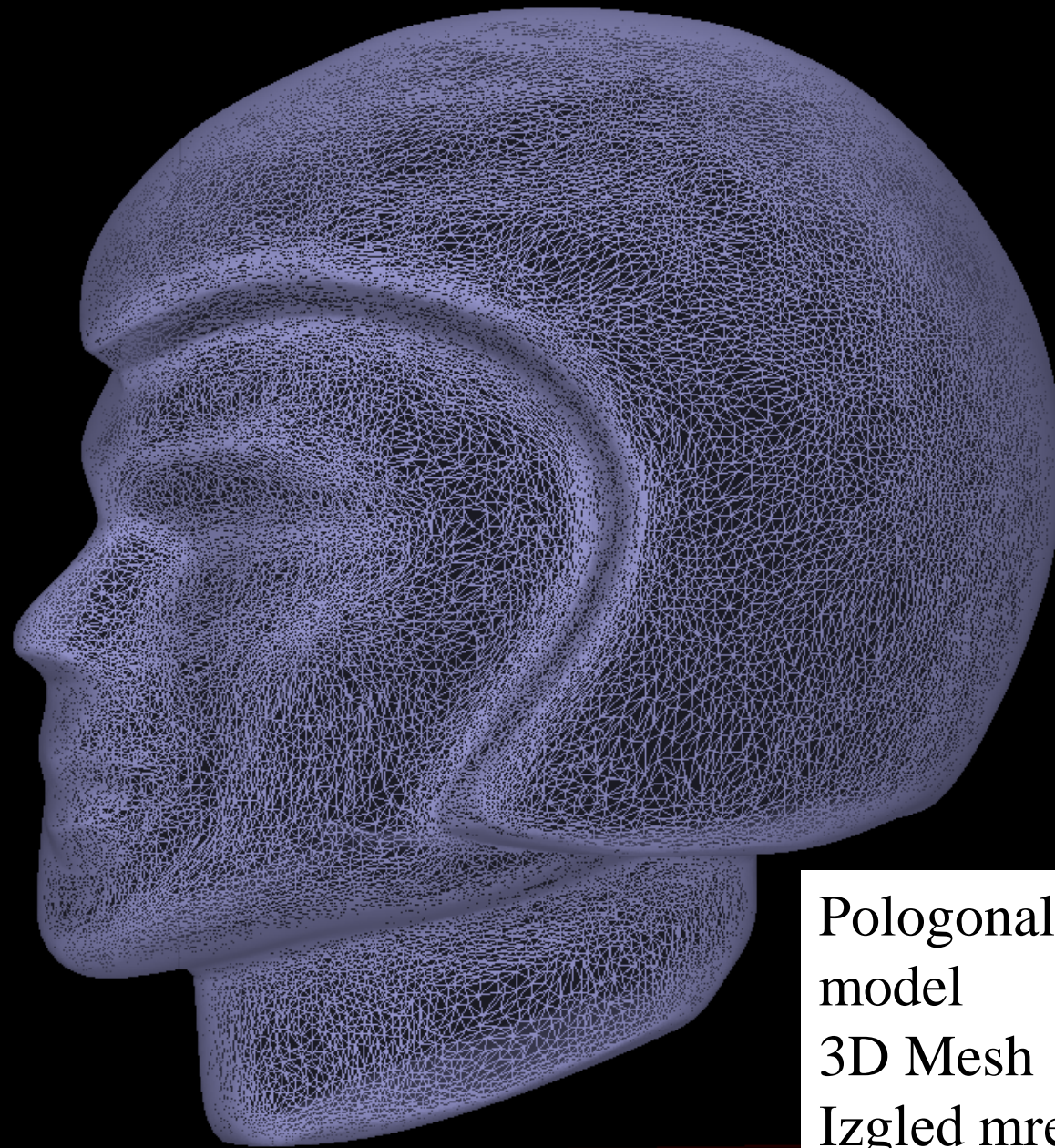
Oblak tačaka
visoke rezolucije



Objekat se vidi u
realnijem izrazu, ali to nije
tekstura vec gust oblak
tačaka u kojem tačke
sadrže i informaciju o boji
piksela

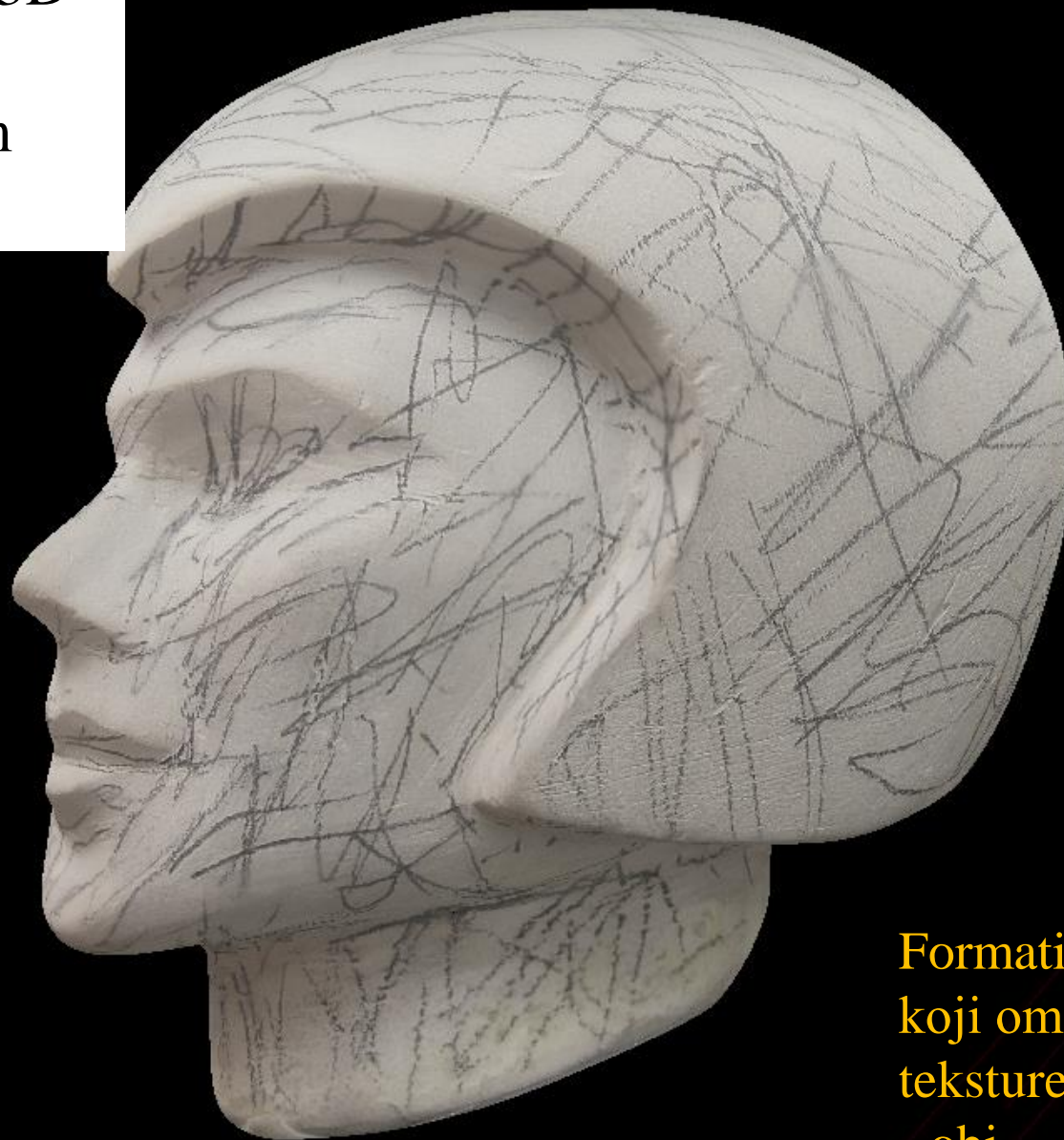
Pologonalni 3D
model - 3D Mesh





Pologonalni 3D
model
3D Mesh
Izgled mreže

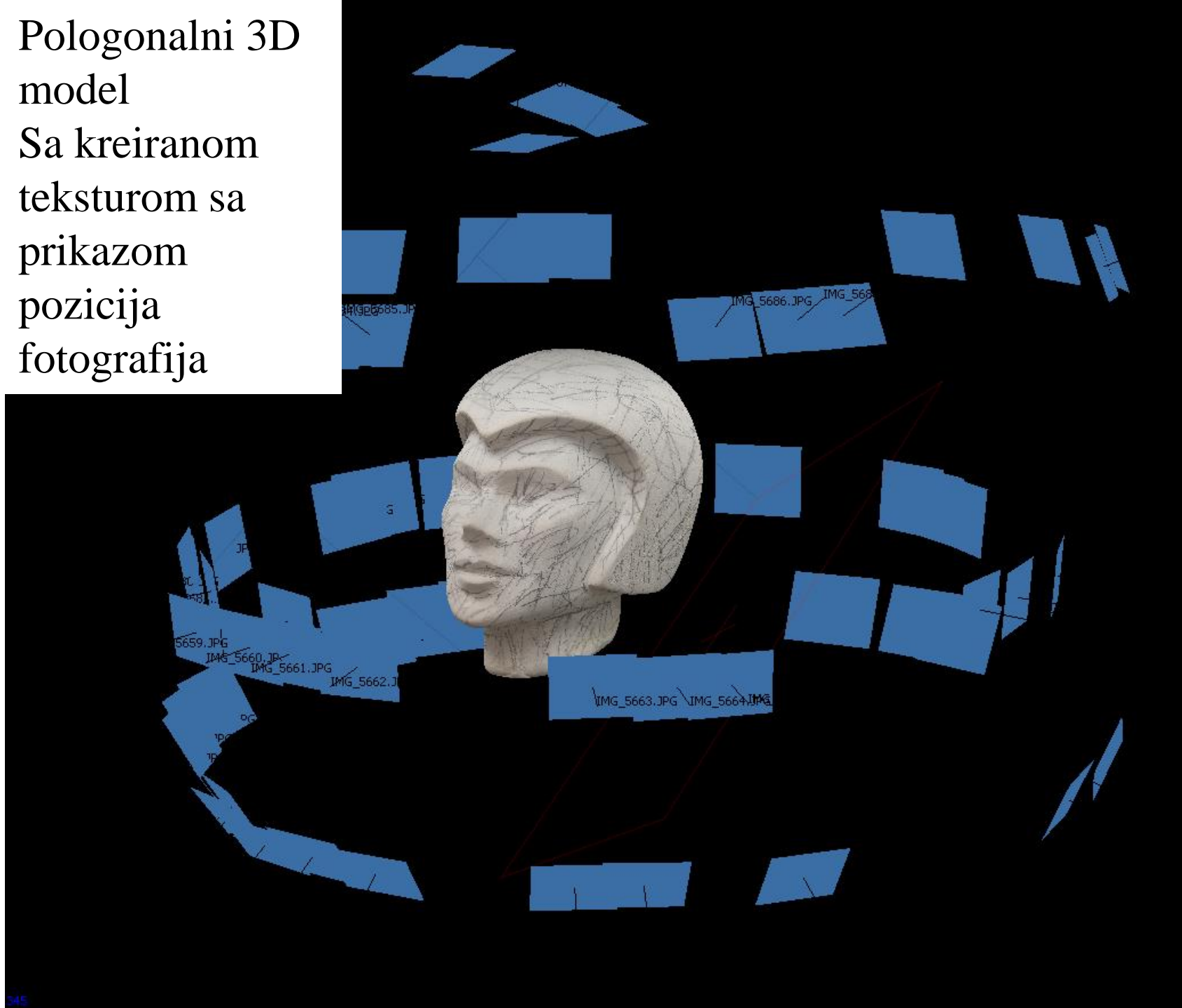
Pologonalni 3D
model
Sa kreiranom
teksturom



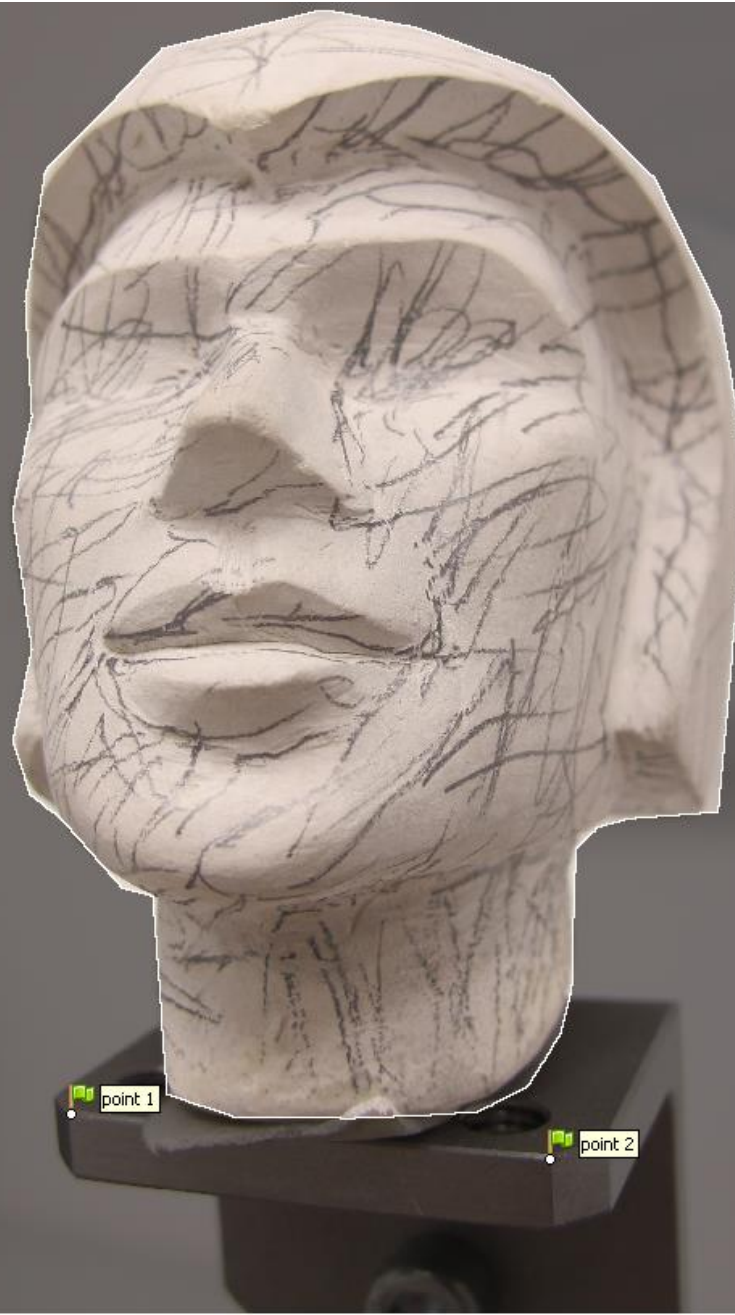
Formati zapisa podataka
koji omogućavaju izvoz
teksture uz 3D model su:

- obj
- ply

Pologonalni 3D
model
Sa kreiranom
teksturom sa
prikazom
pozicija
fotografija



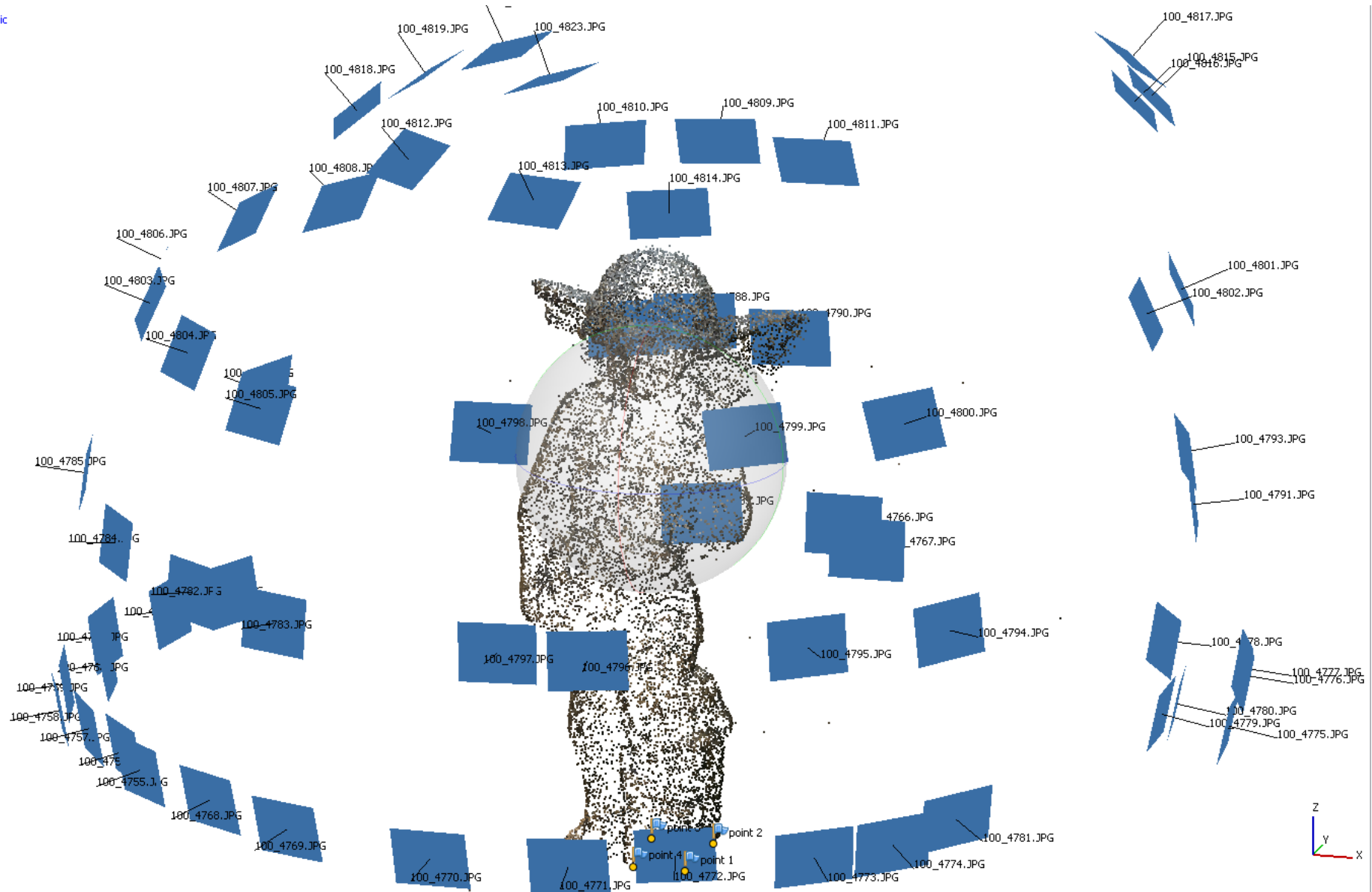
Kreiranje
razmere modela
preko rastojanja
između dve
poznate tačke



Uspostavljanje
razmere modela
preko rastojanja
između dve
poznate tačke



Orthographic



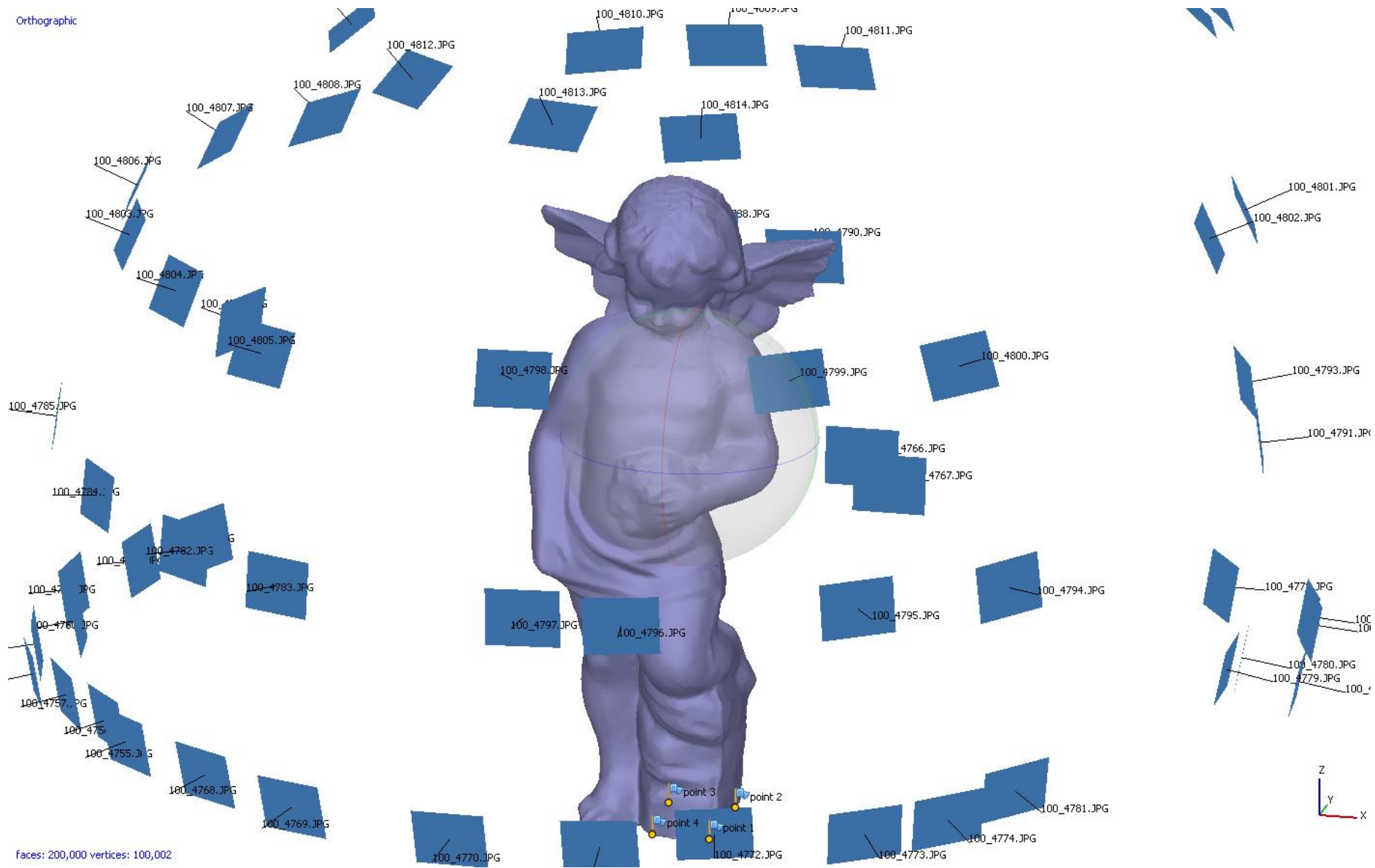
18,596 points





Objekat se vidi u realnijem izrazu, ali to nije tekstura vec gust oblak tacaka u kojem tacke sadrze i informaciju o boji piksela

Orthographic



Faces: 200,000 vertices: 100,002

point 3
point 2
point 4
point 1

