

*Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka*

3D DIGITALIZACIJA OBJEKATA PRIMENOM SKENERA BAZIRANIH NA STRUKTURNJOJ SVETLOSTI

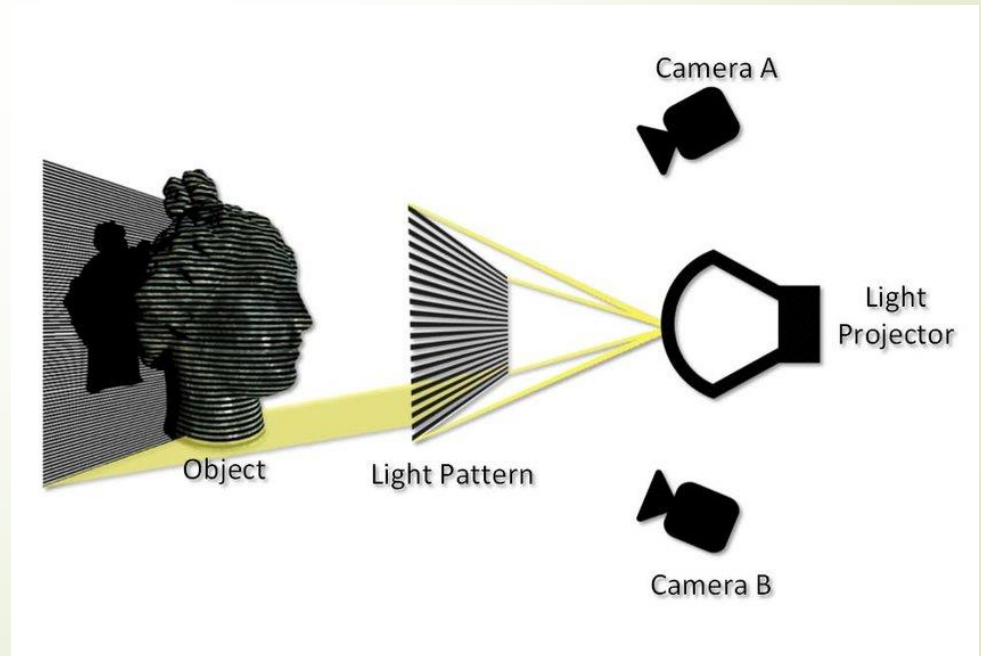
-Vežbe-

Doc. dr Mario Šokac

PRINCIP RADA

Postupak 3D digitalizacije je zasnovan na triangulaciji.

- Projektor projektuje **kodirane paterne na objekat 3D digitalizacije** koje zatim kamera/kamere detektuju po frejmovima i beleži kao slike na kojima se nalaze detektovani izobličeni paterni prikazani na objektu.
- Geometrija objekta se rekonstruiše na bazi distorziranih projektovanih paterni.



TIPOVI SKENERA BAZIRANIH NA STRUKTURNJOJ SVETLOSTI

Ručni skeneri:

- Mobilni;
- Jednostavniji za upotrebu;



Skeneri monirani na tripod (stacionarni skeneri):

- Stacionarni;
- Veći stepen automatizacije;
- Fiksna daljina – veća tačnost.



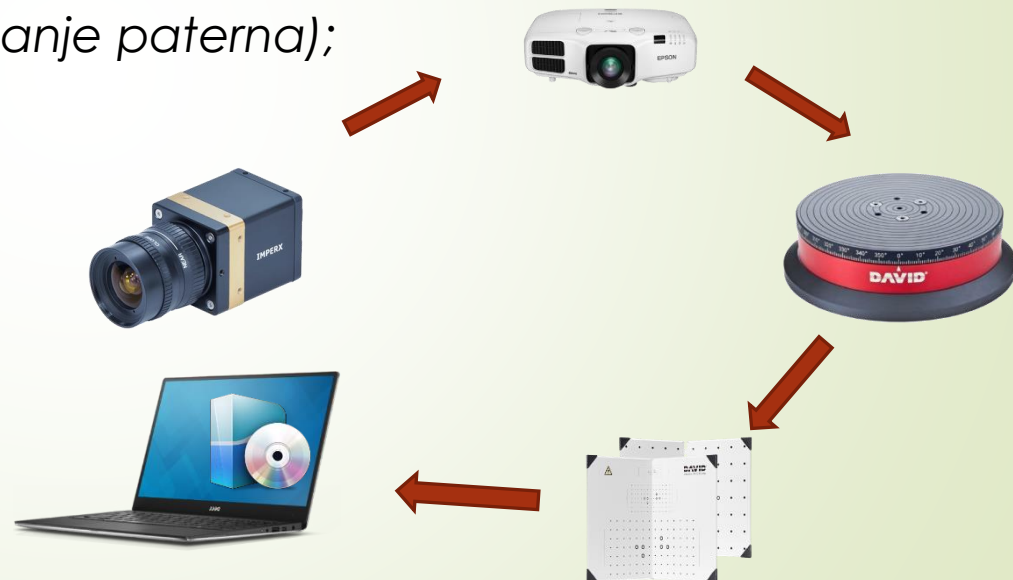
RUČNI SKENERI VS. STACIONARNI SKENERI

- Kod stacionarnih 3D skenera neophodno je da ceo sistem za skeniranje ostane fiksiran prilikom 3D digitalizacije objekta.
- Kod ručnih 3D skenera potrebno je da operater drži skener i da ga pomera oko objekta koji se digitalizuje.
- Iako su ručni skeneri pogodniji za upotrebu, stacionarni 3D skeneri nadmašuju ručne 3D skenere **u pogledu tačnosti i rezolucije.**
- **Razlog:** Ručni 3D skeneri vrše digitalizaciju poput video kamere, pa je neophodno da se 3D skener kreće oko objekta prilikom 3D digitalizacije, dok stacionarni 3D skeneri ostaju mirni dok vrše 3D digitalizaciju i samim ti se dobijaju tačniji rezultati.
- Kod ručnih skenera se nalaze ugrađene dve dve kamere, dok stacionarni skeneri mogu biti:
 - **mono sistem (jedan projektor + jedna kamera) ili**
 - **stereo sistem (jedan projektor + 2 kamere).**

Oprema za strukturno svetlo (stacionarni skeneri)

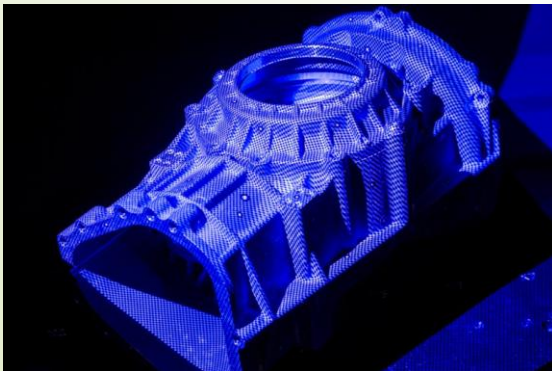
Kod postupka 3D digitalizacije sa struktuiranom svetlošću neophodna je sledeća oprema:

1. Kamera (Web kamera, DSLR fotoapararat, industrijska kamera);
2. Kalibracioni paneli/ploče;
3. Projektor (za projektovanje paterna);
4. Obrtni sto (opciono);
5. Softver.



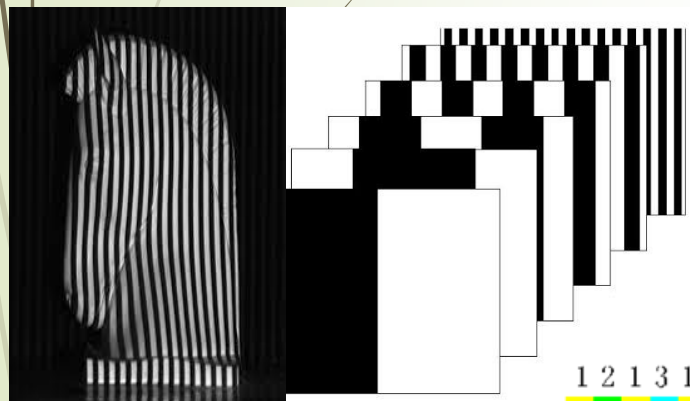
BOJA STRUKTURNOG SVETLA

- Kod skenera baziranih na strukturnoj svetlosti danas se koriste plava i bela svetlost.
- Iako obe vrste svetla omogućavaju efikasnu brzinu i tačnost prilikom akvizicije rezultata, plava svetlost ima nekoliko prednosti u odnosu na belu svetlost:
 - plava svetlost koristi LED izvor svetlosti - duži vek trajanja;
 - veća tolerancija za skeniranje u prostoriji koja sadrži dodatne izvore svetlosti;
 - hladnija radna temperatura u odnosu na belu svetlost.

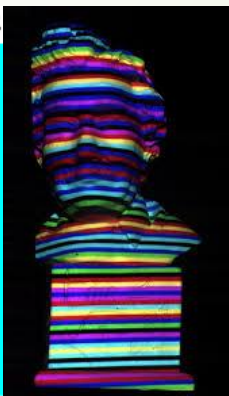
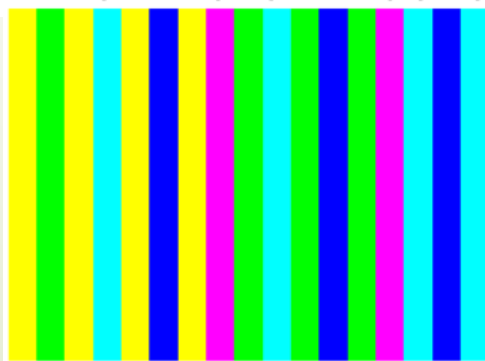


KODIRANI PATERNI

- Postoji više različitih vrsta projektovanih paterna.
- Danas postoje različite vrste projektovanih paterna:



1 2 1 3 1 4 1 5 2 3 2 4 2 5 3 4 3



Binarni paterni



Fazno smenjivanje

Hibridne metode

Paterne zasnovani na kodiranju

De Bruijn-ova sekvenca



Paterne zasnovani na nizovima



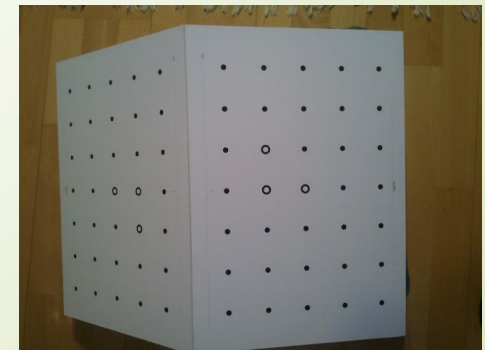
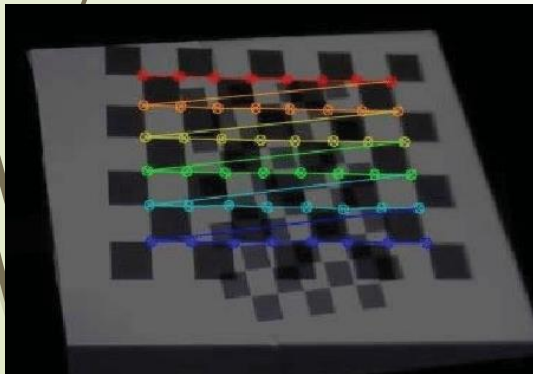
Nijansa sive

Boja



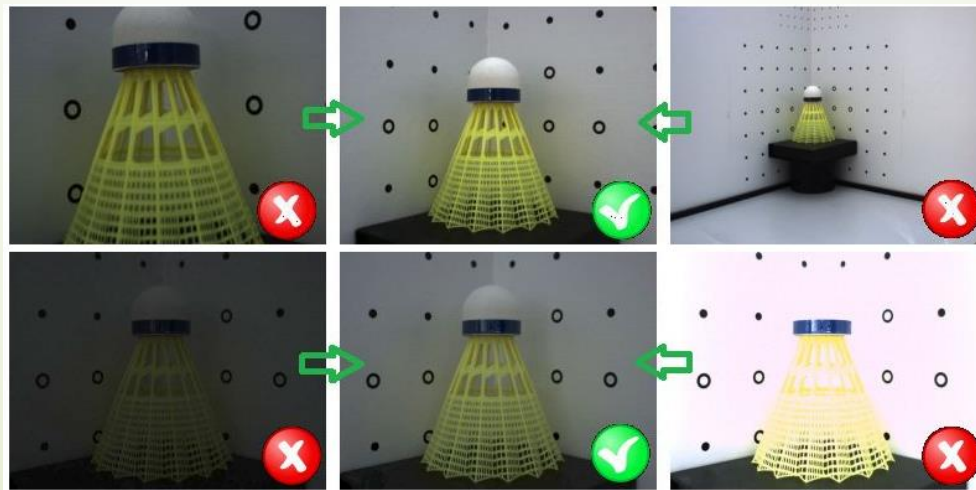
KALIBRACIJA SISTEMA

- Kako bi se mogao sprovesti postupak 3D digitalizacije nekog objekta primenom skenera baziranog na strukturiranoj svetlosti, **neophodno je prvo izvršiti postupak kalibracije.**
- Kod postupka kalibracije, neophodno je, primenom triangulacije, odrediti položaj kamera u odnosu na projektor u trodimenzionalnom prostoru, kao i njihov međusobni ugao.
- Za kalibraciju optičkih mernih uređaja Koriste se **kalibracione ploče (ili kalibracioni paneli)** koje na sebi **sadrže kodirane markere na unapred definisanom rastojanju** koje kamera treba da detektuje.



PODEŠAVANJE KAMERE

- **Potrebno je podesiti parametre kamere kao što su** rezolucija i format boja, a zatim je potrebno podesiti i ekspoziciju, osvetljenost, kontrast, itd.
- Podešava se fokus kamere tako da je objekat izoštren na slici. Potrebno je isključiti automatska podešavanja kamere kao što su auto-fokus, auto-ekspozitura, auto-osvetljenost, Face Tracking itd.



Pogodni predmeti za 3D digitalizaciju

Objekti koji treba da se digitalizuju primenom skenera baziranih na strukturnoj svetlosti treba da ispune određene uslove kako bi se postigli optimalni rezultati i prikupilo najviše informacija o površini objekta:

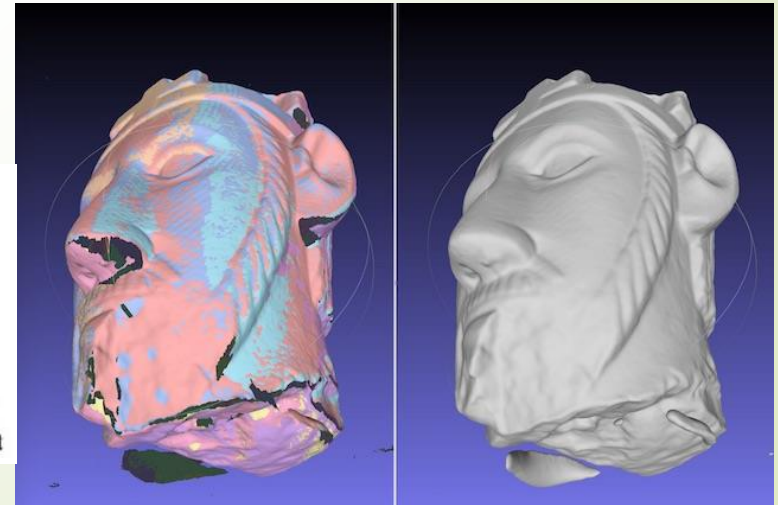
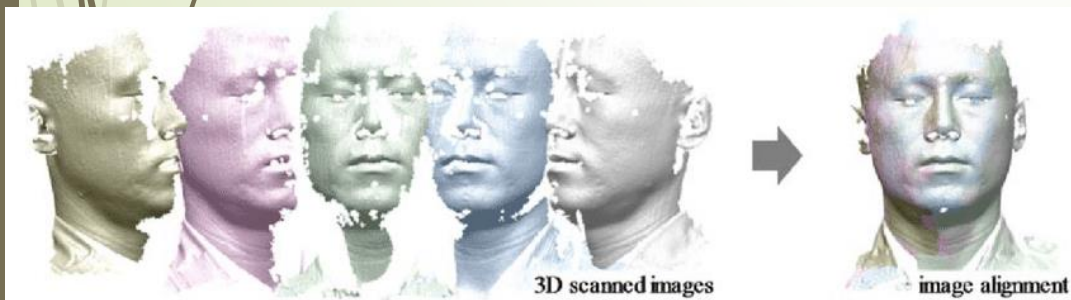
- **Površine objekta treba da su matirane** - sjajne površine nisu pogodne usled refleksije koja je projektuje od projektora prema kameri;
- **Površine treba da su neprozirne** - da nisu napravljene od transparentnog materijala (npr. staklo i prozirna plastika);
- **Poželjno je da su objekti asimetrični** - asimetričnost objekata olakšava poravnavanje parcijalnih skenova kod generisanja 3D modela objekta;
- **Objekti treba da su svetlije boje** - idealni su predmeti koji su bele boje – ovo je bitno zašto što se kod svetlijih objekata bolje vide projektovani binarni paterni, neophodni za uspešnu rekonstrukciju površine objekta.

Vreme potrebno za 3D digitalizaciju

- **Vreme potrebno za skeniranje objekta može se u velikoj meri razlikovati u zavisnosti od sledećih parametara:**
 - *Veličina objekta;*
 - *Složenost objekta;*
 - *Fizičke karakteristike površine objekta (sjajna površina, matirana površina, monotona površina, itd).*

REGISTRACIJA PARCIJALNIH SKENOVA

- Nakon što se objekat digitalizuje iz nekoliko različitih pozicija, kao rezultat se dobija više različitih parcijalnih skenova koje je neophodno poravnati i preklopiti kako bi se generisala uniformna površina objekta.
- Nakon preklapanja svih skenova vrši se njihovo spajanje u jedan funkcionalni 3D model.
- Najčešće primenjivana metoda za poravnavanje sparcijanih skenova - **Iterative Closest Point – ICP metoda.**



IZVOZ REKONSTRUISANIH 3D MODELA

- Kada se izvrši preklapanje svih parcijalnih skenova i kada se spoje u jedan funkcionalni 3D model, generisani 3D modeli se izvoze iz softvera.
- Najčešće se izvoze u **STL** formatu zapisa,
- Ukoliko sadrže podatke i o teksturi, mogu se izvesti u **OBJ** formatu zapisa.



PREDNOSTI I MANE

PREDNOSTI:

- Brzina;
- Rezolucija;
- Tačnost;
- Velika pokrivenost skenirane površine.

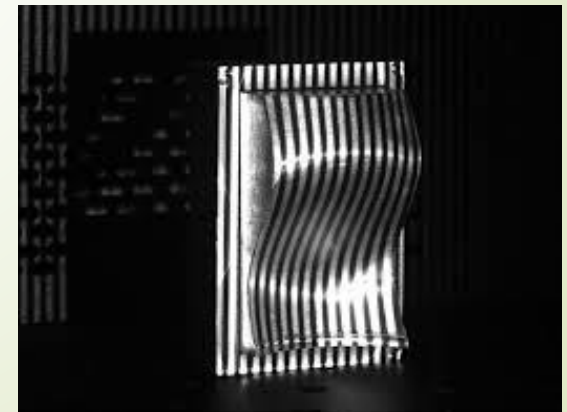


kabine za nanošenje belog praha u spreju



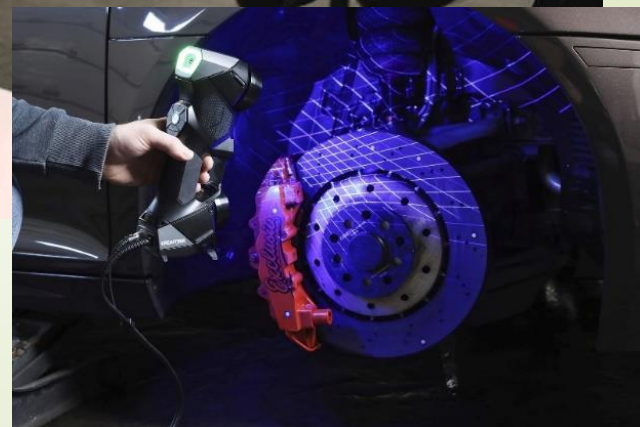
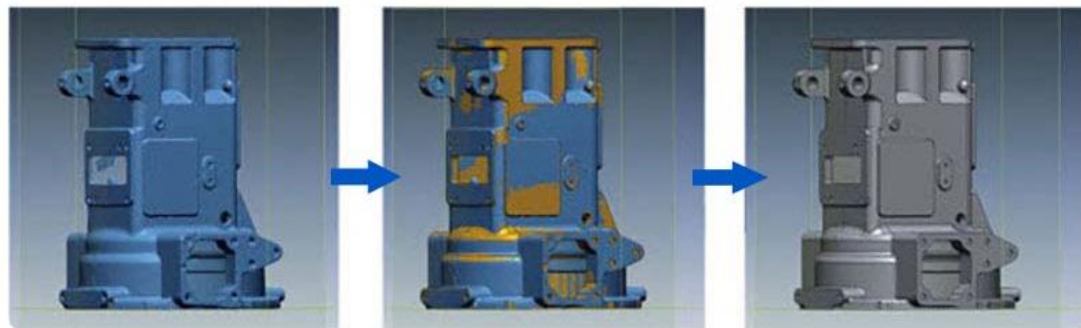
MANE:

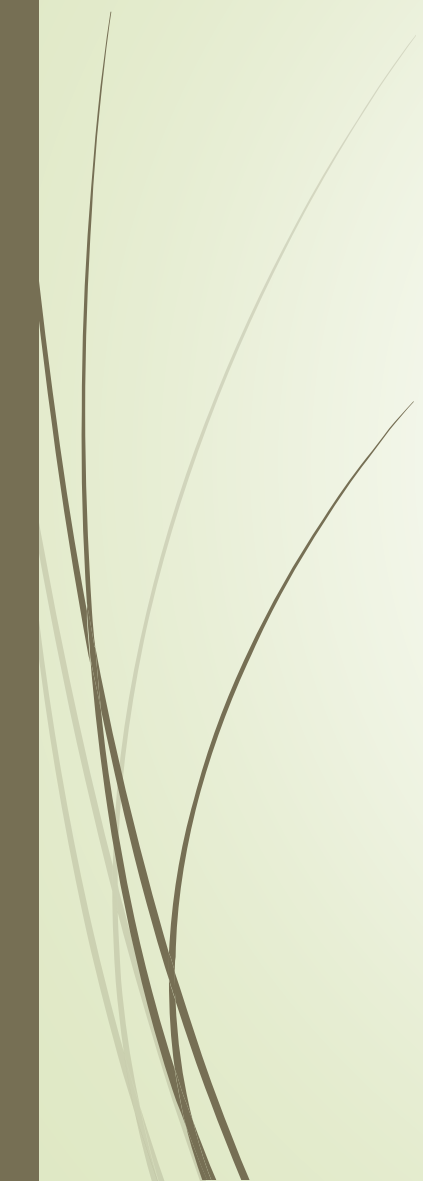
- Osetljiva na ambijentalne uslove skeniranja;
- Problemi kod skeniranja reflektivnih ili transparentnih površina;
- Često zahteva pripremu površine pre digitalizacije.



PRIMENA - INDUSTRIJA

- Kontrola kvaliteta,
- Inspekcija delova,
- Redizajn komponenti,
- Kopiranje postojećih delova,
- Tro-dimenzionalna (3D) analiza,
- ...





HVALA NA PAŽNJI!