

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Predmet: 3D digitalizacija objekata

IZBOR ADEKVATNE METODE/SISTEMA ZA 3D-DIGITALIZACIJU

Oblasti 3D digitalizacije

- ❑ 3D digitalizacija se primenjuje u širokom spektru aplikacija u jednako širokom spektru industrija.
- ❑ Uprkos raznolikosti, postoji jedna zajednička crta - temeljna (bazna) aplikacija je **akvizicija 3D digitalne definicije fizičkog objekta**.
- ❑ Ostali, specifični uslovi proizilaze iz ciljane namene skeniranih 3D podataka, kao i dodatnih zahteva iz okvira industrije.

Oblasti 3D digitalizacije

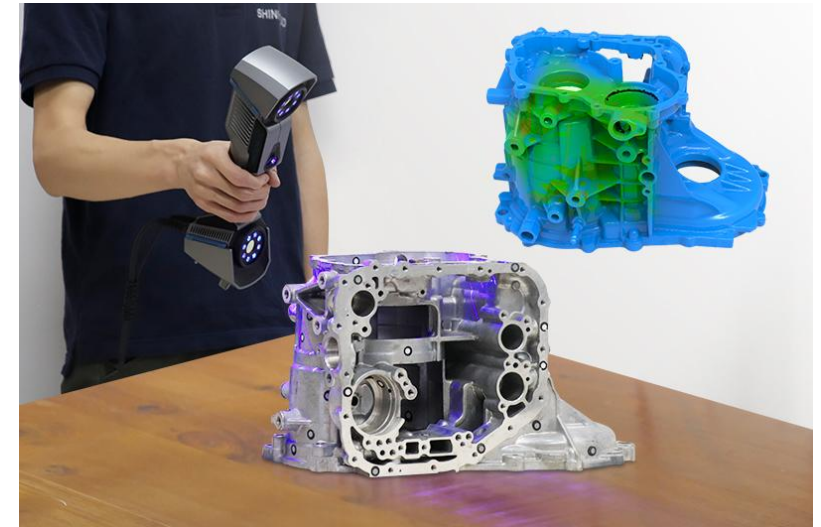
Oblasti, u kojima je 3D digitalizacija do sada našla najširu primenu su:

- 1) **Mašinsko inženjerstvo;**
- 2) **Industrijsko inženjerstvo**
- 3) **Medicina i stomatologija;**
- 4) **Računarske animacije (u filmovima, video igrama itd.);**
- 5) **Arhitektura, umetnost i zaštita kulturnog nasleđa;**
- 6) **Arheologija;**
- 7) **Forenzika;**
- 8) **Poljoprivreda**
- 9) **...**

Oblasti 3D digitalizacije

Mašinsko i industrijsko inženjerstvo

- Izrada dokumentacije
 - benčmarking
 - digitalno arhiviranje
- Dizajn proizvoda
 - Estetski dizajn
 - Retrofit & facelifting (aftermarket)
 - Replike
 - Industrijski & mašinski dizajn
- Razvoj alata (za proizvodnju delova od plastike, livenjem i sl.)
- Dizajn ambalaže



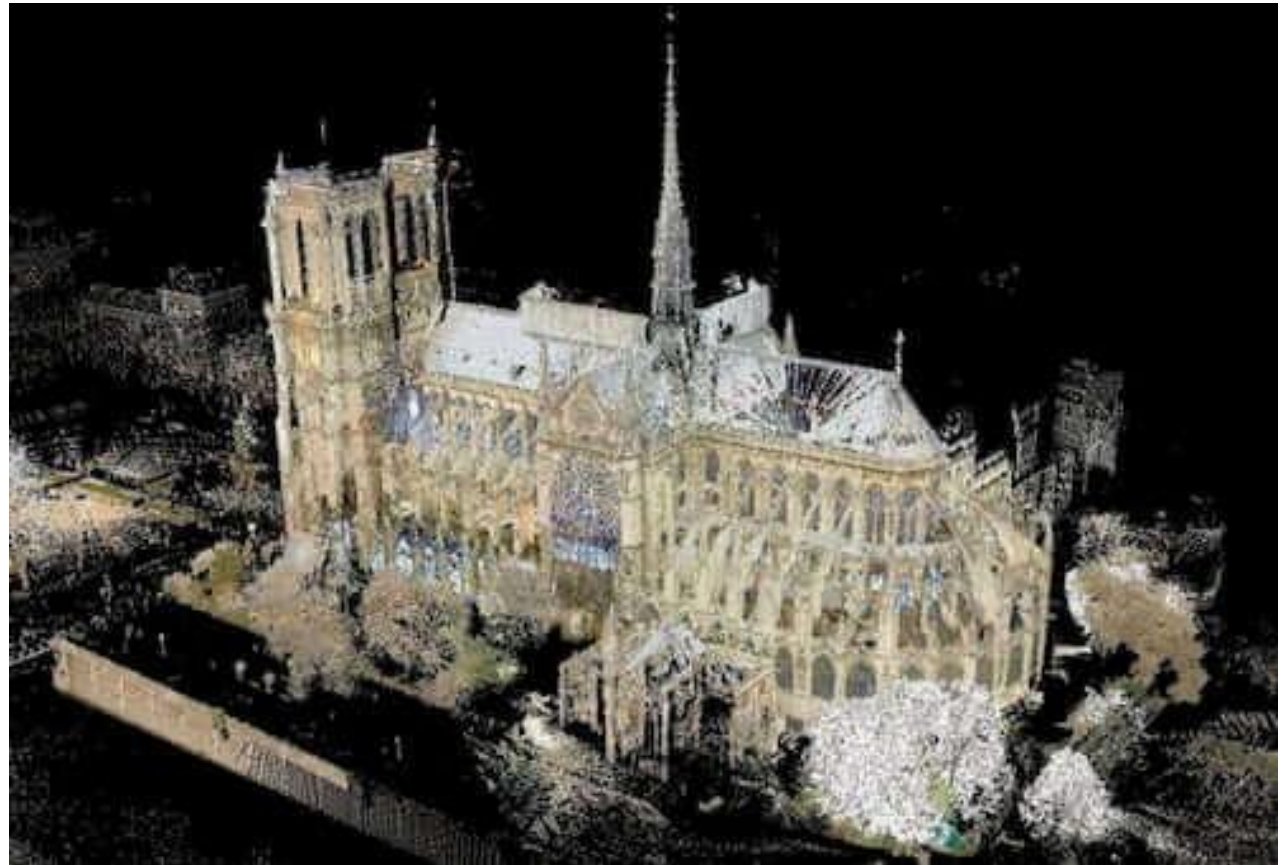
Medicina

- Dijagnostika
- Izrada anatomskih modela
- Dizajn personalizovanih (individualnih) medicinskih implantata
- Dizajn personalizovanih (individualnih) implantata i proteza u oblasti medicine i stomatologije
- itd.



Arhitektura, umetnost i kulturno nasleđe

- Arhitektonski objekti – enterijeri i eksterijeri
- Zaštita istorijskih spomenika kulture
- Restauracija oštećenih umetničkih dela



Poljoprivreda

- 3D analiza rasta poljoprivrednih kultura na velikim plantažama
- Analiza potreba za navodnjavanjem i prihranjivanjem na poljoprivrednim plantažama



Arheologija

- Rekonstrukcija arheoloških objekata
- Istraživanja nedostupnih prostora unutar arheoloških objekata



Oblasti 3D digitalizacije

Forenzika

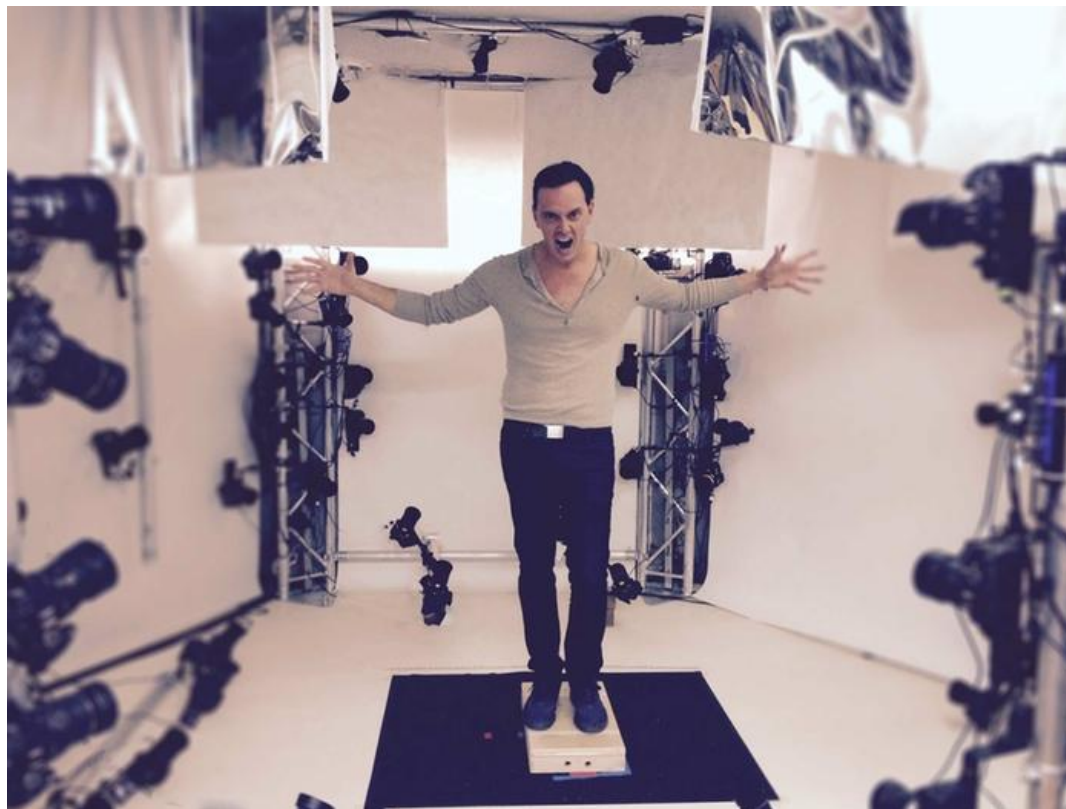
- Forenzičke 3D rekonstrukcije u oblasti kriminalistike



Oblasti 3D digitalizacije

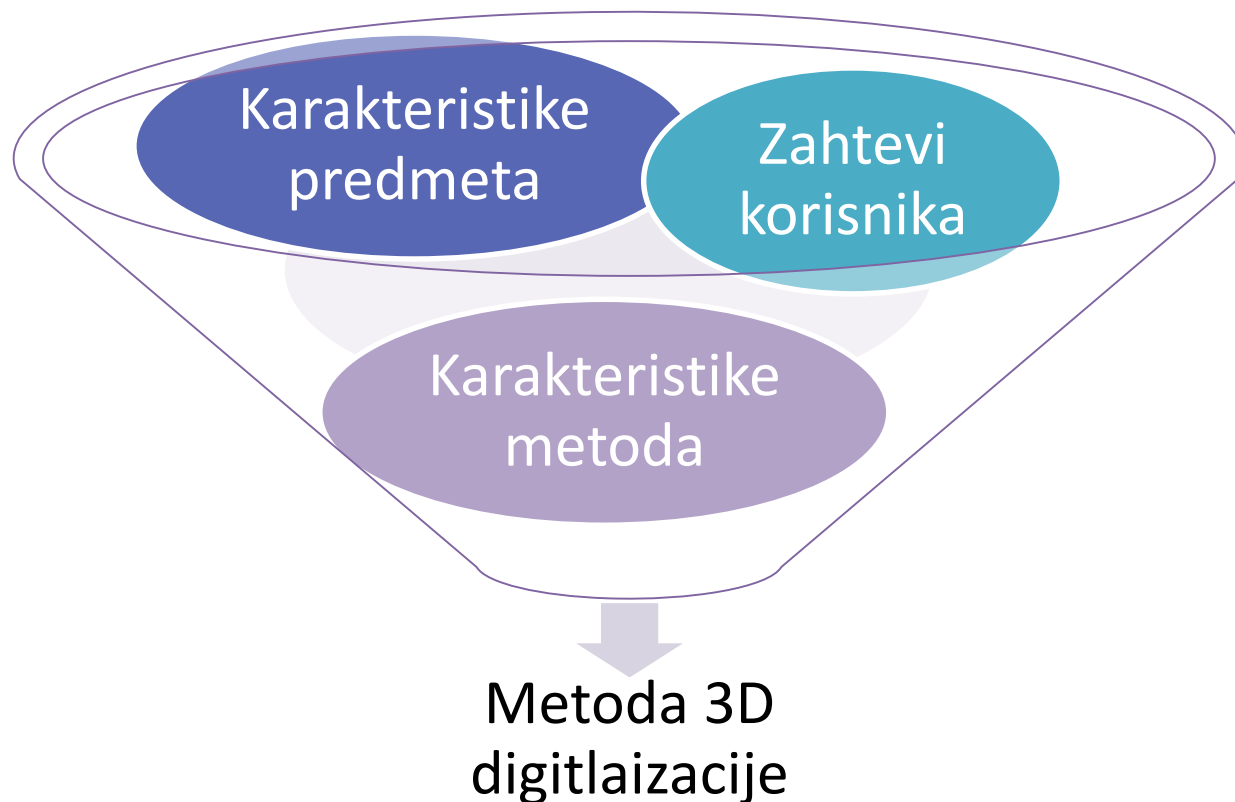
Računarska grafika

- Grafički dizajn i 3D vizualizacija
 - Kreiranje 3D digitalnih objekata za igre, animacije i specijalne efekte
 - Kreiranje 3D slika za realistične prezentacije, simulacije proizvoda i *fly-through* animacije.



Izbor metode 3D digitalizacije

Izbor odgovarajuće metode 3D digitalizacije je kompleksan proces koji zahteva dobro poznavanje karakteristika metoda 3D digitalizacije, njihovih ograničenja, ali isto tako i poznavanje karakteristika predmeta i zahteve krajnjeg korisnika.



Zahtevi korisnika

Korisnik prilikom izbora metode 3D digitalizacije može da se vodi različitim zahtevima koji se odnose na krajnji rezultat, a to je poligonalni 3D model. Neki od zahteva su:

- brzina i vreme 3D digitalizacije,
- tačnost 3D modela,
- detaljnost 3D modela,
- mogućnost generisanja 3D modela sa teksturom,
- jednostavna upotreba uređaja za 3D digitalizaciju
- potreba za upotrebom dodatne opreme.

Lista ne sadrži još jedan važan faktor - **cenu**. Troškovi skenera ili usluge skeniranja se ne mogu ignorisati, jer je to sastavni deo svake poslovne odluke. Međutim, cena treba da se tretira kao sekundarni kriterijum u odnosu na gore navedene stavke.

Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

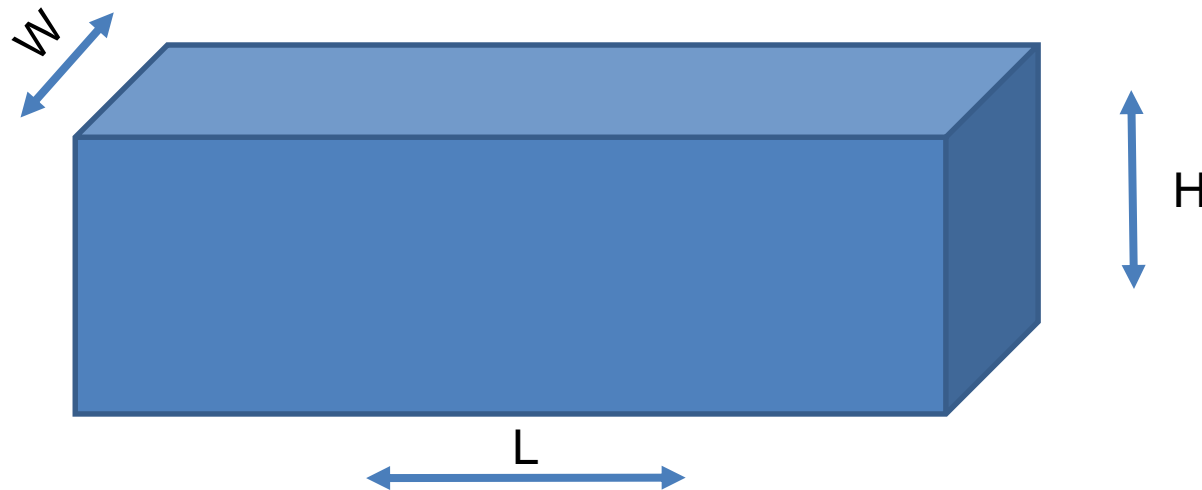
Karakteristike predmeta 3D digitalizacije:

- gabaritne dimenzije,
- mobilnost i težina,
- vizuelne karakteristike,
- mehaničke karakteristike i
- geometrijska složenost.

Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

Gabaritne dimenzije

Gabaritne dimenzije objekta predstavljaju maksimalne spoljne granice (dužinu, širinu i visinu) koje objekat zauzima u prostoru.



Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

Mobilnost i težina

Mobilnost i težina su veoma bitne karakterisitke predmeta 3D digitalizacije, pre svega što mogu direktno da utiču na izbor metode i uređaja 3D digitalizacije. Takođe mogu biti u direktnoj vezi sa gabaritnim dimenzijama.



Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

Vizuelne karakteristike

Boja/Tekstura,
Refleksivnost



Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

Mehaničke karakteristike

Mehaničke karakteristike nam govore "kako smemo da dodirnemo deo" i "kako deo može reagovati na svetlost".

Mehanička osobina materijala	Materijal	Preporučena metoda	Metoda za izbegavanje
Mala krutost (Elastičnost)	Guma, pena, tanka plastika	Optički / Laserski (Beskontaktno)	CMM (Kontaktno) - deformiše deo
Tvrdoća + Sjaj	Obradjeni čelik, Hrom	CMM (Kontaktno) ili Plavi Laser	Strukturirano belo svetlo (bez spreja)
Krhkost / Osetljivost	Stari papir, suva glina	Fotogrametrija / Optički	CMM (Kontaktno) - oštećuje deo

Karakteristike predmeta 3D digitalizacije

Geometrijska složenost

Geometrija predmeta 3D digitalizacije određuje **da li uređaj 3D digitalizacije može da "vidi" ili dohvati** sve površine predmeta.

Različiti nivoi geometrijske složenosti utiču na izbor metode ili uređaja 3D digitalizacije:

- jednostavna, prizmatična geometrija (ravni, cilindri, rupe)
 - slobodne površine (freeform) i organski oblici,
 - duboki kanali, potkopane regije (undercuts) i “senke“
 - unutrašnja geometrija
 - mikroskopska složenost (tekstura i sitni detalji)
1. Ukoliko se površina ne vidi a može se dohvatiti koristiti kontaktne metode.
 2. Ukoliko se sve površine vide najpošteljnije koristiti optičke metode.
 3. Ukoliko se površine ne vide i nemogu dohvatiti koristiti transmisivne metode.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Unutar svake od oblasti primene metoda 3D digitalizacije, postoje brojni kriterijumi koji se mogu koristiti za procenu tehnologije 3D digitalizacije.

Međutim, prema iskusnim korisnicima, najčešće korišćeni i najvažniji su:

- **brzina i vreme 3D digitalizacije**
- **tačnost**
- **rezolucija**
- **mobilnost i lakoća korišćenja**
- **domet i pokrivenost**
- **prilagodljivost.**

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Brzina i vreme 3D digitalizacije

Brzina 3D digitalizacije može da se posmatra na dva načina:

- lokalno u užem i
- globalno širem smislu.

Lokalna brzina 3D digitalizacije posmatrana obično je definisana od strane proizvođača i daje se u obliku broja tačaka po sekundi (*engl. points per seconds*) ili može da bude izražena kao vreme koje je potrebno da se izvrši jedan ciklus akvizicije (*engl. scann per minute*).

Globalna brzina je brzina koja je važnija za korisnika. Obično kada se postavlja pitanje o brzini misli se na ovu „brzinu“ tj. vreme koje je potrebno za 3D digitalizaciju. To je ukupno vreme koje je potrebno da bi se dobio sirovi poligonalni 3D model predmeta 3D digitalizacije.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Brzina i vreme 3D digitalizacije

Za uređaje 3D digitalizacije postoji još i komponenta vremena kao **vreme podešavanja**.

Vreme podešavanje obuhvata vreme potrebno za postavljanje ili stabilno pozicioniranje skenera, vreme za kalibraciju i podešavanje skenera i vreme potrebno za pripremu mernog predmeta.

Treba imati na umu da, iako softver nije pomenut, vreme koje se odnosi na ovu komponentu, može biti takođe značajno.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Tačnost

Stepen u kojem se skenirani podaci poklapaju sa fizičkim objektom. Dok je tačnost najčešće korišćen pojam u svetu dizajna, bolji izbor je merna nesigurnost, statistički pojam koji se koristi u oblastima inspekcije i upravljanja kvalitetom.

Merna nesigurnost predstavlja zonu odstupanja u koju će upasti rezultat merenja sa visokim stepen sigurnosti.

Primer: Ako je objekat dugačak 1,00 metara, a merna nesigurnost je ± 0.005 m, očekivana tačnost skeniranih podataka je između 0.995 i 1.005 m.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Rezolucija

Razmak između uzorkovanih tačaka u oblaku tačaka.

Proizvođači specificiraju rezoluciju preko CCD (Charge Coupled Device) ili sličnog elementa koji se koristi za prikupljanje podataka.

Međutim, važan faktor je razmak između tačaka na fizičkom objektu. Ovaj razmak diktiraju kako CCD tako i udaljenost objekta od žižne tačke skenera.

Za kvalitetnu 3D digitalizaciju, rezolucija treba da bude $\leq \frac{1}{2}$ veličine najmanjeg obeležja (feature) na objektu koji će biti skeniran.

Napomena : Ne treba mešati rezoluciju i tačnost. Iako rezolucija doprinosi ukupnoj tačnosti, ne karakteriše ih direktna korelacija.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Mobilnost i Lakoća korišćenja

Prenosivost sistema za skeniranje, uključujući i potrebno vreme za pokretanje i kalibraciju.

Ovaj kriterijum uključuje količinu elemenata opreme (npr. računar, stativ, kalibracioni deo...), gabarite i masu koja je predmet transporta, kao i način transporta (ručni prtljag, kofer na točkićima, potrebna kolica itd.).

Za velike objekte ili delove koji su u radu, prenosivost je često presudan faktor.

Stepen do kojeg neiskusni zaposleni mogu pripremiti i podesiti objekat za skeniranje i izvršiti proces skeniranja.

Tipično, kako jednostavnost upotrebe povećava, stepen kontrole operatera se smanjuje.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Domet

Naziva se još i **vidno polje** (field of view - FOV) i **dubina polja**.

Minimalna i maksimalna udaljenost objekta od skenera i odgovarajuće XY ravni skeniranja.

Ako predmet izlazi iz opsega, stacionarni skener će zahtevati više skeniranja da bi se obuhvatila celokupna dužina ili širina objekta.

Blisko povezan kriterijum je **pokrivenost**, koji se odnosi na sposobnost skenera za rešavanje ograničenja vidljivih linija (line-in-sight). Primeri uključuju duboke kanale, uske rupe i potkopane regije.

Opšte uzevši, ručni skeneri ili skeneri montirani na zglobne merne ruke omogućavaju veću pokrivenost.

Kriterijumi za ocenu metoda 3D digitalizacije

Prilagodljivost

Stepen u kojem se skener može prilagoditi

- 1) širokom spektru predmeta, u smislu veličine, kompleksnosti i svojstva materijala;
- 2) smestiti u širok spektar operativnih uslova (životna sredina, osvetljenja, vibracija); i
- 3) odgovoriti na opšte izazove skeniranja (linija vidljivosti, senke itd.).

Značaj svestranosti se povećava kada posedovanje više skenera nije poželjno.