

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Proizvodno mašinstvo
Predmet: Koordinatni merni sistemi

ZGLOBNE MERNE RUKE



Zašto "zglobne merne ruke"?

Zglobne merne ruke su prenosive mašine za koordinatno merenje dizajnirane da vrše precizna merenja pomoću **sistema pipaka** (kontaktno merenje) kao i sa **3D skenerom** (beskontaktno merenje).

Merne ruke se sastoje od:

- otvorenog lanca segmenata fiksne dužine,
- zglobova koji su međusobno povezani segmentima koji su pričvršćeni za stacionarno okruženje (postolje) i
- senzorskim sistemom na slobodnom kraju lanca.

ISO 10360-12 je standard kojim su definisane zglobne merne ruke za kontaktno merenje.



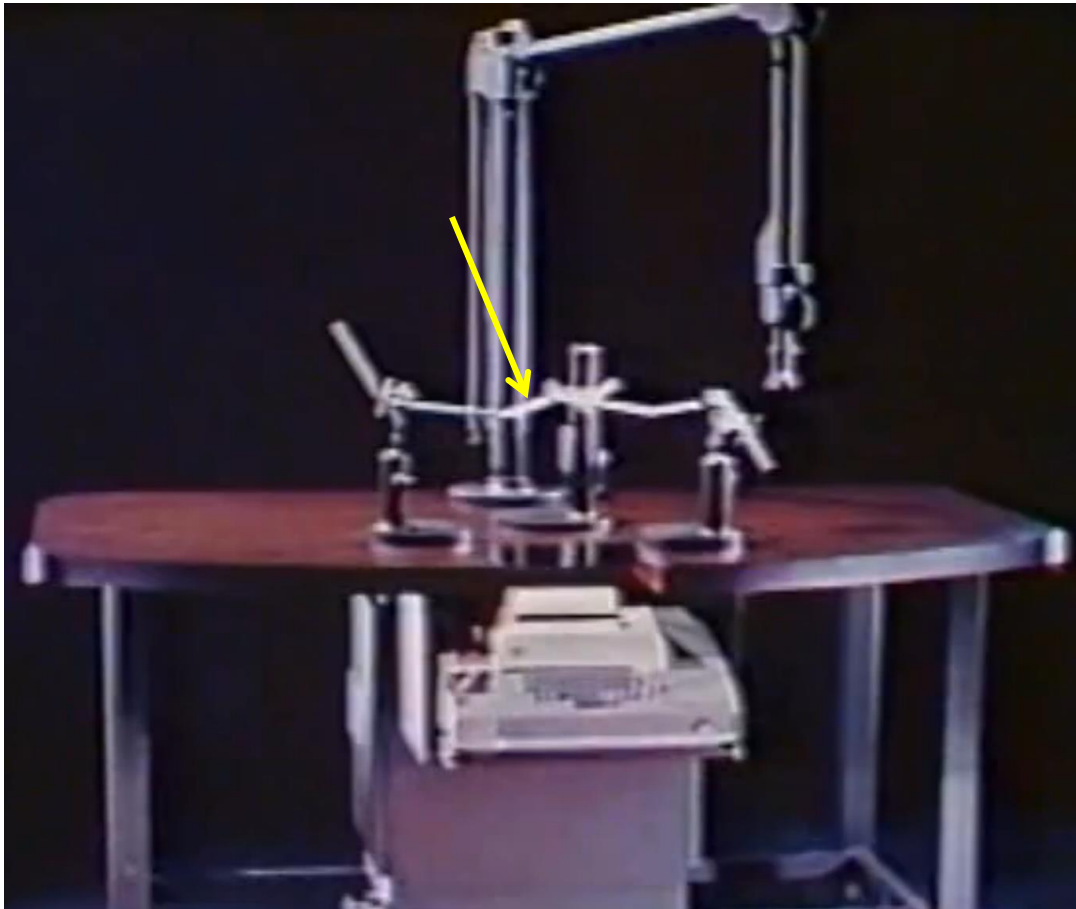
Istorijski razvoj

- Prvu mernu ruku (Vector 1) je ranih 1970-ih razvio Homer Eaton ispred "Eaton Leonard" korporacije, inače ko-osnivač korporacije ROMER.
- Vector 1 nosi sve zasluge za razvoj modernih sistema za 3D digitalizaciju ove vrste.
- Vector 1 je razvijen za potrebe merenja izduvnih grana motora SUS (auspuha).
- Originalni patent je prijavljen 18.04.1974. a dodeljen mu je patentni broj 3,944,798. Time je Homer Eaton i zvanično postao "ocem" zglobnih mernih ruku.



Istorijski razvoj

- Originalna Vector 1 merna roka je bila predvidena za montiranje na merni sto a bila je podržana primitivnim softverom pokretanog od strane računara veličine frižidera.



Istorijski razvoj

- Uređaj je "skidao" podatke o zakrivljenosti cevi (npr. kod auspuha) na bazi seta električnih kontakata smeštenih u "V" mernoj glavi.

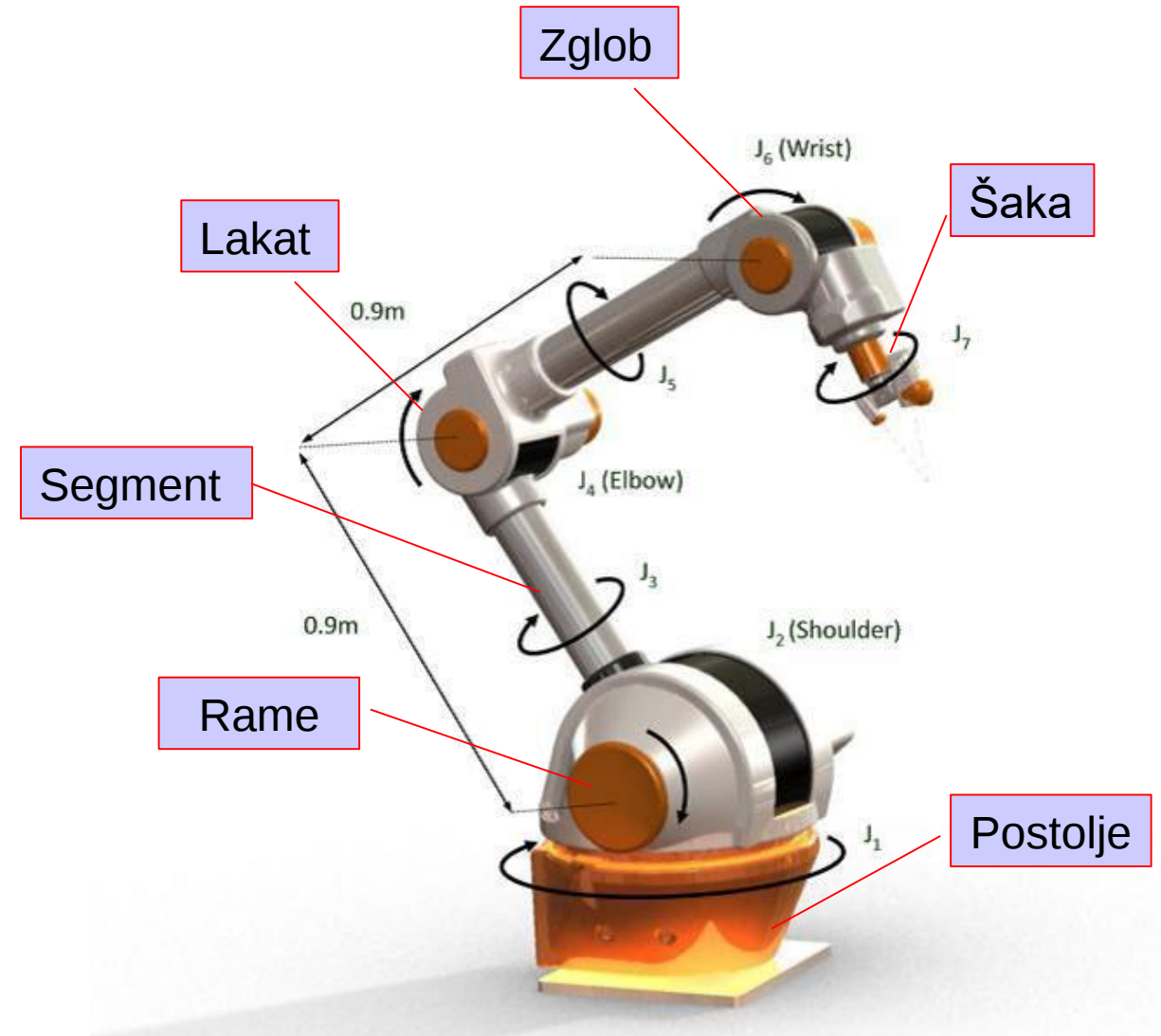




Arhitektura

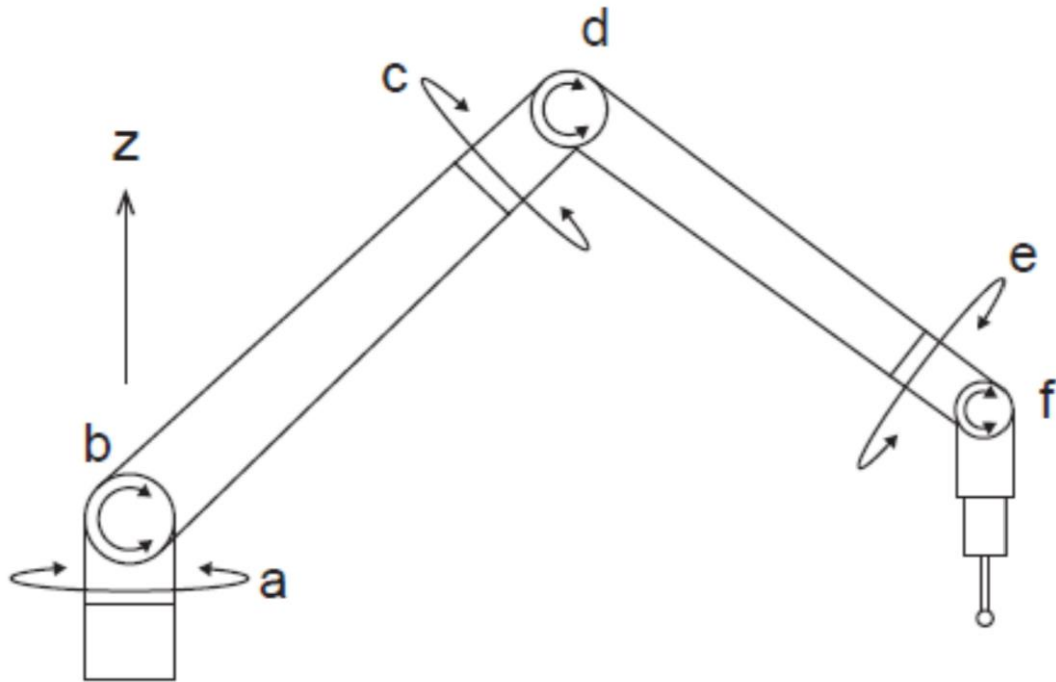
Konstrukciju ovih uređaja čine:

- **postolje,**
- **segmenti (najčešće 3 ili 4),**
- **cilindrične i/ili sferne zglobne veze i**
- **senzorski sistem za akviziciju podataka.**



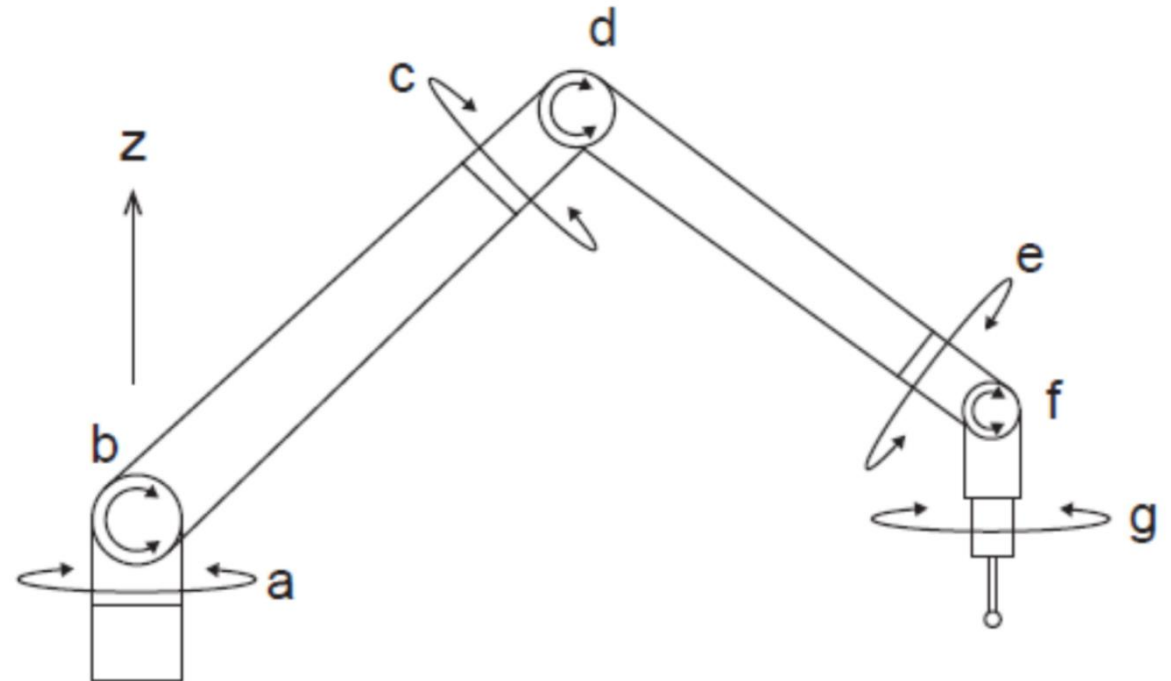
Sanders, R. V. et al. "Characteristics, accuracy and reverification of robotised articulated arm CMMs." (2010).

Arhitektura



6 osa

Kontakni senzorski sistemi

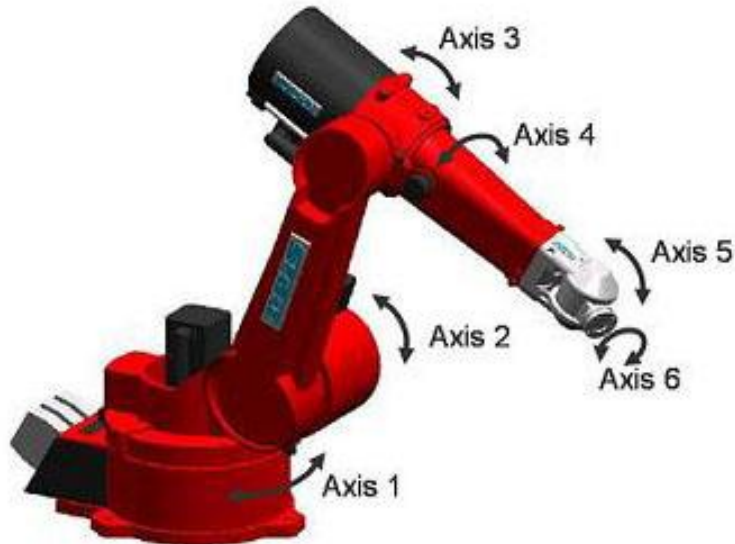


7 osa

Beskontaktni seznorski sistemi

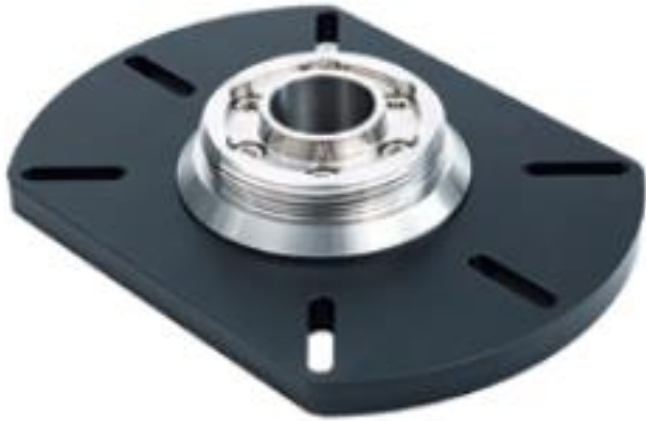
Arhitektura

Više-osna (i do 7 osa) konstrukcija omogućuje da kontaktni senzor (koji ujedno predstavlja i krajnji segment) zauzme gotovo bilo koji položaj u prostoru i priđe i teško pristupačnim delovima objekata.



Postolja mernih ruku

- Merne ruke prilikom merenja moraju biti pozicionirane i stegnute za podlogu, stalak ili u krajnjem slučaju za radni predmet ako to dozvoljava.
- **Veza između mernih ruku i podloge mogu biti preko:**



Postolja sa mehaničkim
pričvršćivanjem



Postolja sa magnetima



Postolja sa vakumom

Postolja mernih ruku

Stalci i tripodi za teške uslove rada su dizajnirani da čvrsto prihvate sve tipove 3D metroloških instrumenata uključujući zglobne merne ruke i na taj način obezbede tačnost 3D digitalizacije. Opremljeni su sa masivnim stubom (fiksni i/lii podešavajući), dok je mobilnost obezbeđena pomoću točkića.

Stalci

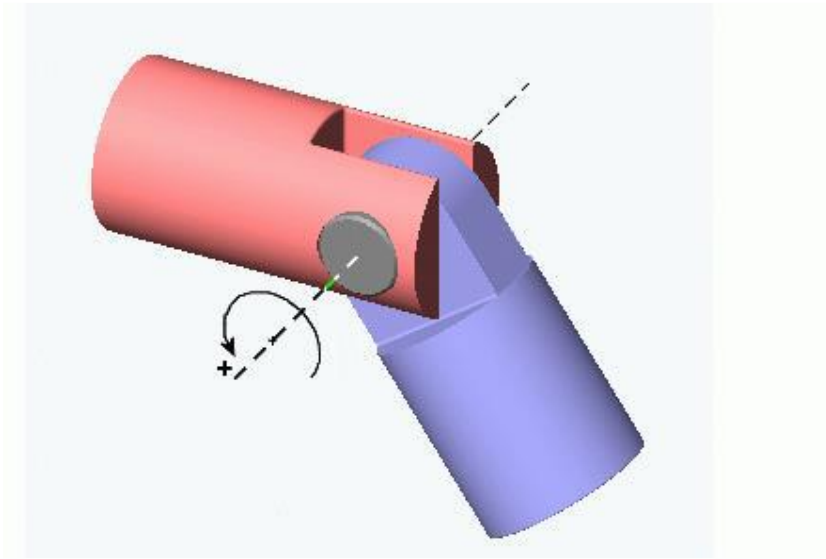


Tripodi

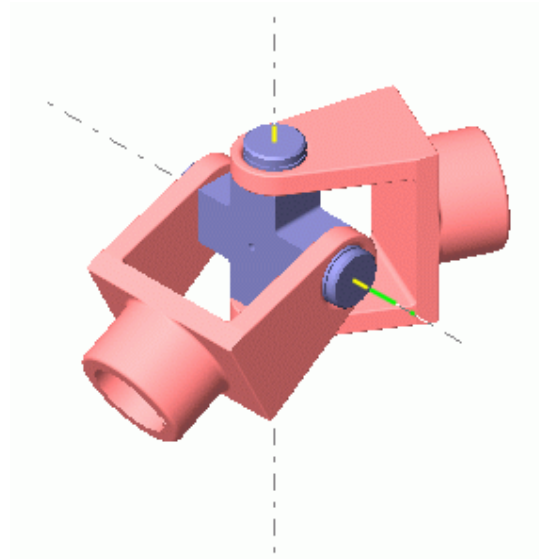


Zglobne veze

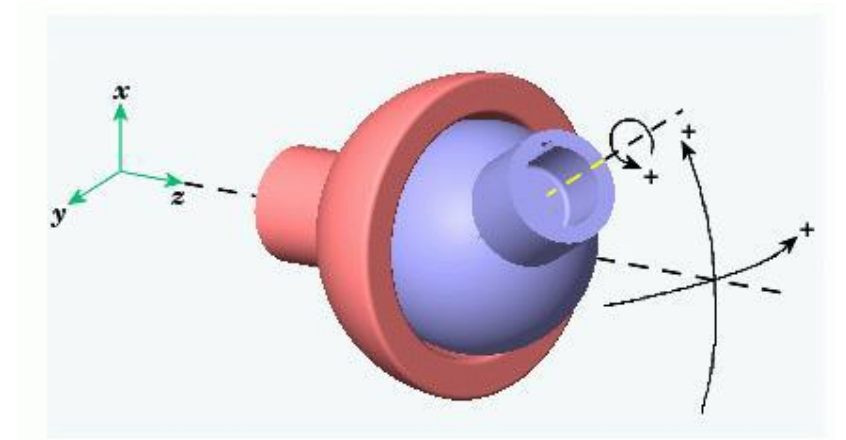
Zglobovi se razlikuju pre svega po broju **stepena slobode rotiranja** i ograničeni su konstrukcijski sa maksimalnim uglom rotiranja.



1 stepen slobode



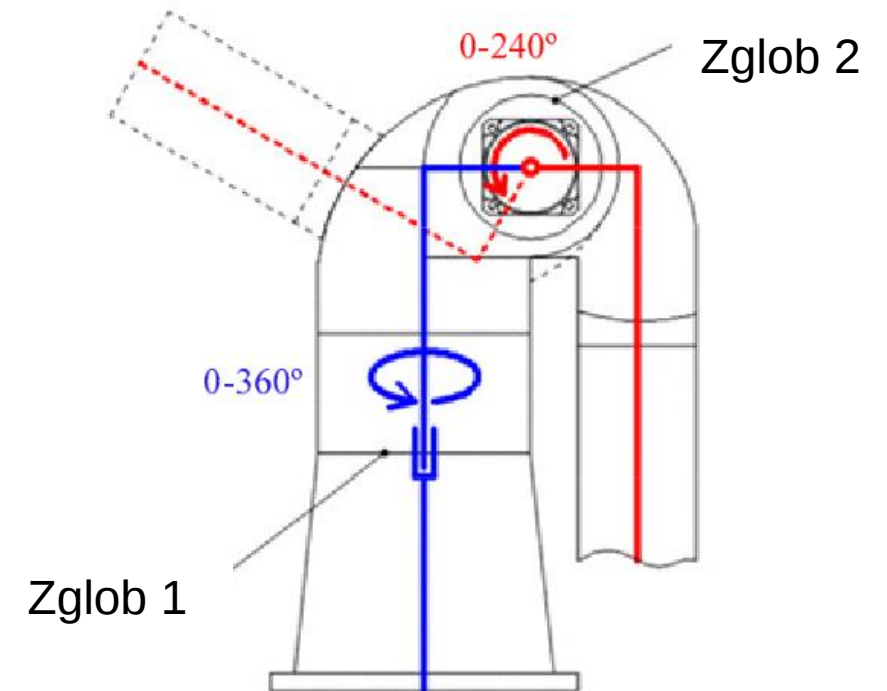
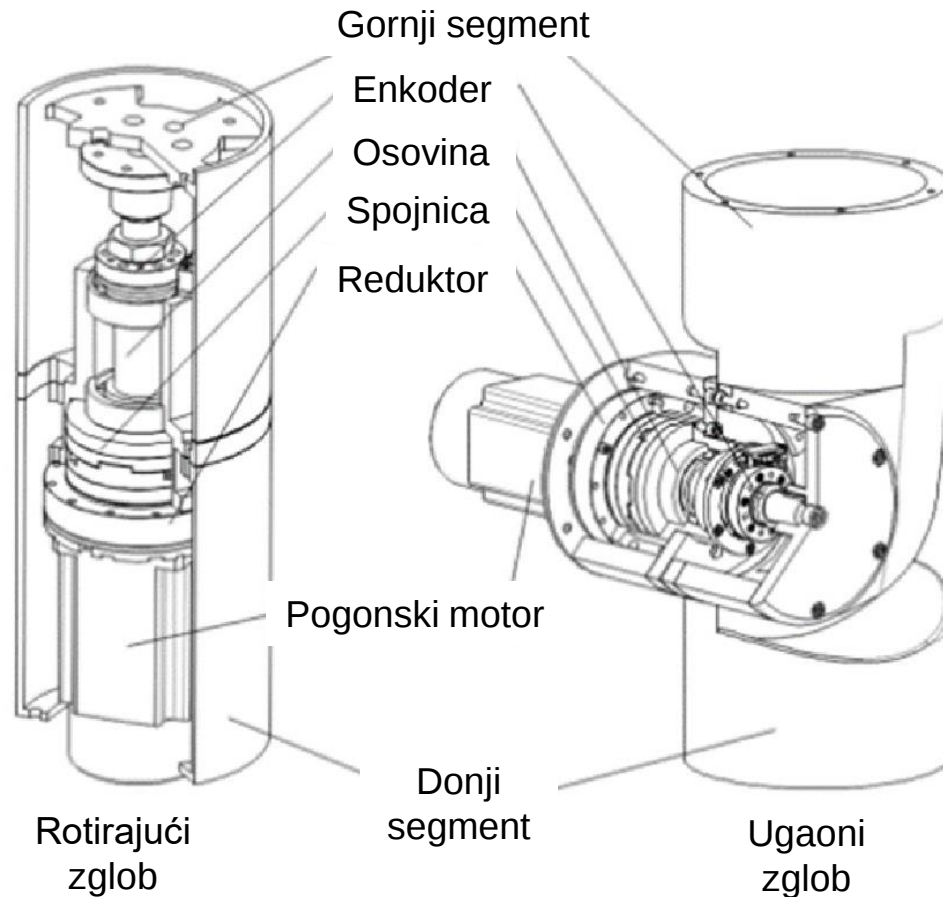
2 stepena slobode



3 stepena slobode

Zglobne veze

U zglobovima su smešteni enkoderi (davači pozicije) koji u realnom vremenu očitavaju i šalju računaru informaciju o položaju zgloba. **Izbor enkodera i njihova rezolucija je važan kriterijum za konačnu tačnost merne ruke.**



Merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Zglobne merne ruke se mogu značajno razlikovati u pogledu merne zapremine u okviru koju mogu da realizuju 3D digitalizaciju.

Veličina merne zapremine je u direktnoj zavisnosti od broja i dužine segmenata.

Na tržištu su danas dostupne zglobne merne ruke koje karakterišu merne zapremine prečnika od 1 m do 9 m.



Merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Veličina merne zapremine zglobne merne ruke je 3D prostor oblika sfere u kojem je datim mernim senzorom moguće realizovati 3D digitalizaciju.

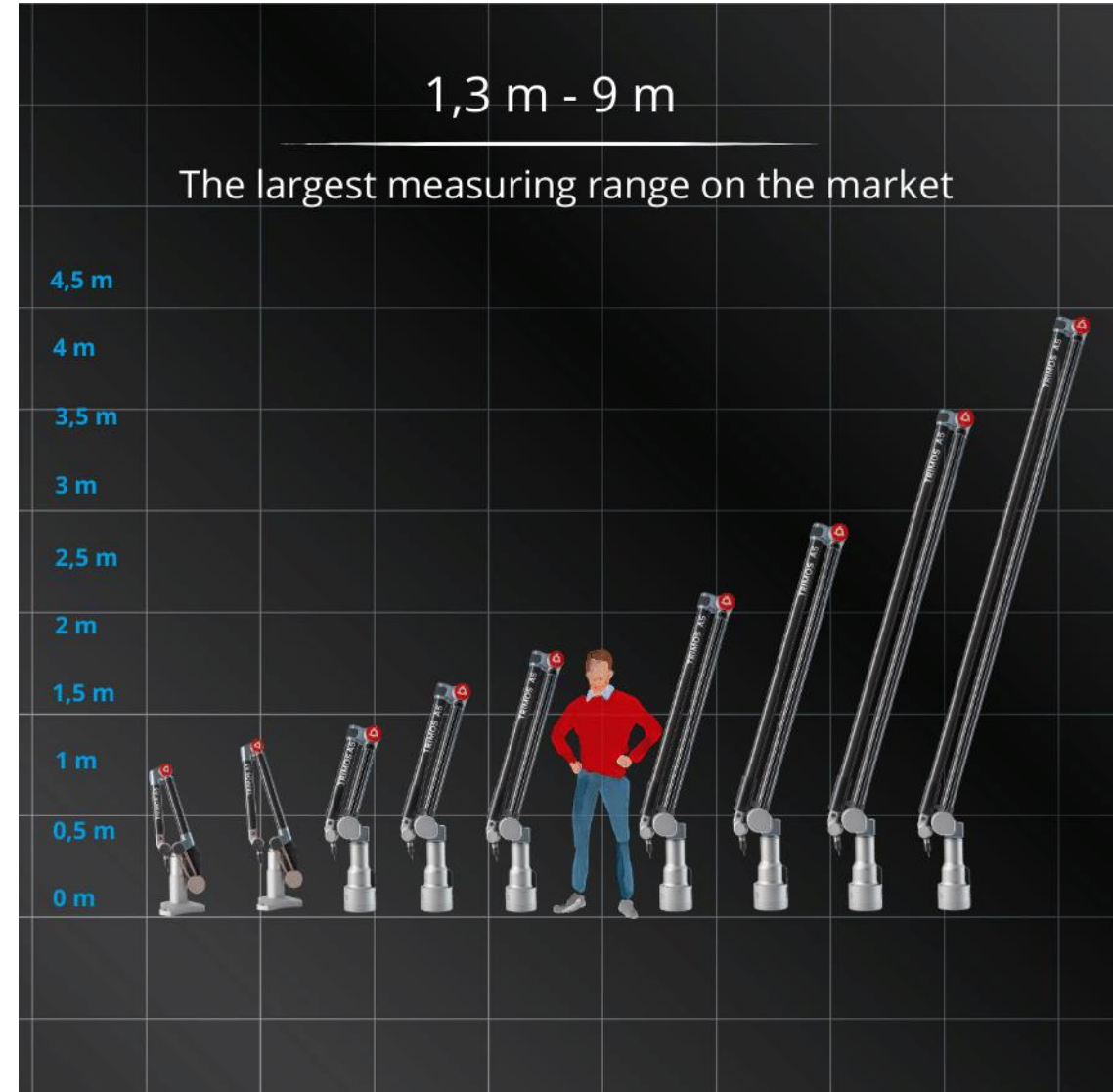
Merna zapremina se kod ovih sistema često naziva i **iskoristivom mernom zapreminom** da bi se napravila razlika u odnosu na veličinu koja se naziva **maximalni doseg** zglobne merne ruke, a koja je oko 10 do 15 % veća od prečnika iskoristive merne zapremine.



Merna zapremina (prostor 3D digitalizacije)

Tačnost je obično obrnuto proporcionalna veličini merne zapremine zglobne merne ruke – manja merna zapremina implicira veću mernu tačnost.

Razlog za ovo su bolje kinematske karakteristike kraćih segmenata.



Savremene zglobne merne ruke

3D-merne ruke su sa razvojem kvalitetnijih zglobnih veza (cilindričnih i sfernih) između segmenata, kao i računarske podrške za očitavanje pozicije senzora, prerasli u moderne uređaje za 3D-digitalizaciju.



Pravci razvoja

- Razvoj ove vrste uređaja je, zahvaljujući njihovoj **fleksibilnosti** i **mobilnosti**, procese merenja, tradicionalno vezane za laboratorijske uslove, izmestio van ovih okvira.





... različita i široka primena.

Karakteriše ih veliki broj različitih izvedbi i ...



Senzorski sistemi za akviziciju podataka

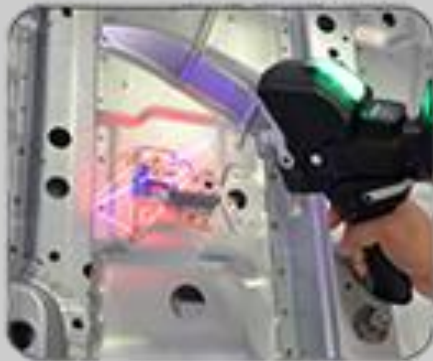
Kontakt (taktilni)



Merenje diskretnih tačaka.

Beskontakni

Laserski
linijski ili
mrežni (grid)



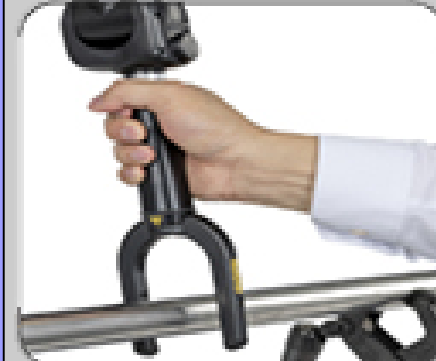
Brza akvizicija tačaka.

Senzorski sistem
na bazi
strukturirane
svetlosti



Skeniranje većih površina.

Infracrveni
laserski senzorski
sistem



Za merenje cevi kružnog poprečnog preseka.

Senzorski sistem
na bazi
mašinskog učenja



Za kontrolu teksture i vizuelnih grešaka na materijalu.

Kontaktni (taktilni) senzori

Ova grupa senzora omogućava merenje na bazi kontakta sa merenim delom.

Taktilni senzori se dele na:

- Krute senzore
- „Tačka-po-tačka“ senzore
- Kontinualne senzore.



Kontaktne senzorske sisteme

- Kontaktne merni senzor kod ove vrste uređaja može biti krutog tipa, ali se danas se sve češće sreću i “tačka po tačka” i kontinualni senzori. Osetljivost ovih senzora ide i do 0,01N.
- Upravljanje 3D mernim rukama, odnosno dovođenje senzora u mernu poziciju je ručno.

Set ROMER kontaktnih senzora



Akvizicija podataka (kruti senzor)

Akvizicija podataka može biti:

1) manuelna - operater pritiskom na taster (ili papučicu) daje signal softverskoj podršci da memoriše koordinate trenutne pozicije vrha mernog pipka.

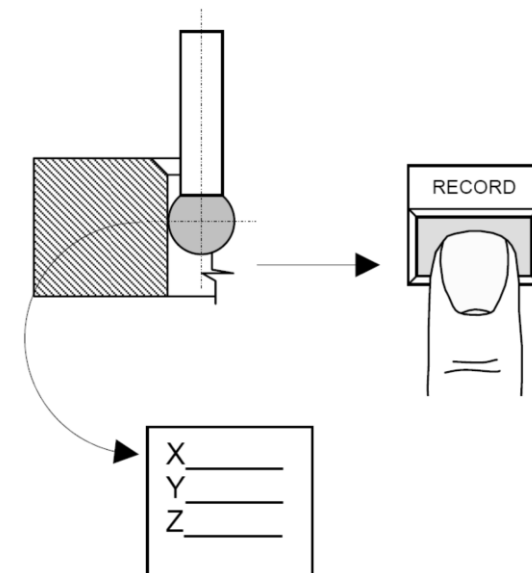
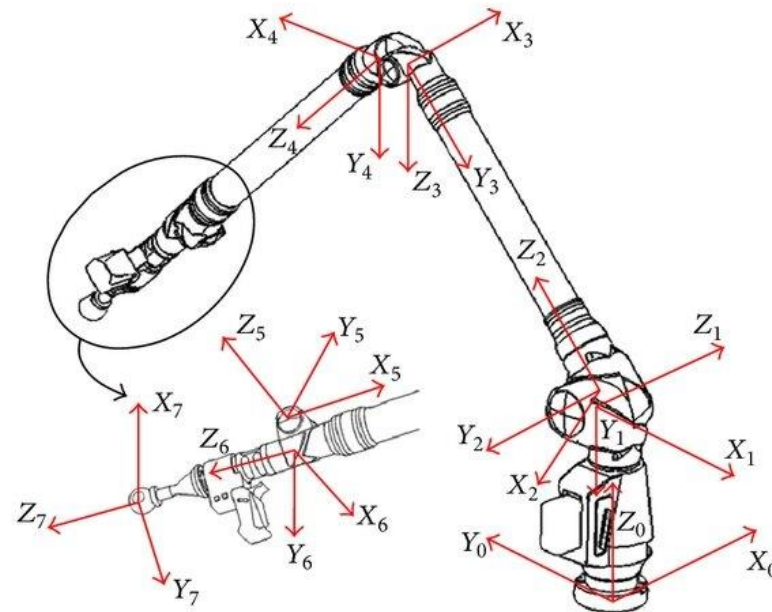
2) poluautomatska - na osnovu manuelno zadatog signala, softverska podrška automatski prikuplja podatke u različitim režimima. Režimi mogu biti definisani vremenskim domenom, pređenim putem ili pomoću pre-definisanim paralelnim ravanskim presecima, u skladu sa koordinatnim sistemom i rezolucijom.



Akvizicija podataka (kruti senzor)

Sferni ili konusni kruti senzori koriste se tako što korisnik ručno dovodi sferu u fizički kontakt sa površinom koju digitalizuje, a zatim pritiskom na taster omogućava snimanje koordinata centra sfere (ili vrha kupe ukoliko se radi o kupastom mernom pipku) senzora putem mernog sistema koji objedinjuje segmente i ose.

Princip merenja je zasnovan na Denavit Hartenbergovom metodu direktne kinematike izračunavanju pozicije vrha mernog pipka preko (opto-elektronskih) senzora položaja u zglobovima, koji daju informaciju o uglovima zakretanja segmenata i poznatih dužina segmenata koji se zatim transformišu u x, y i z koordinate.



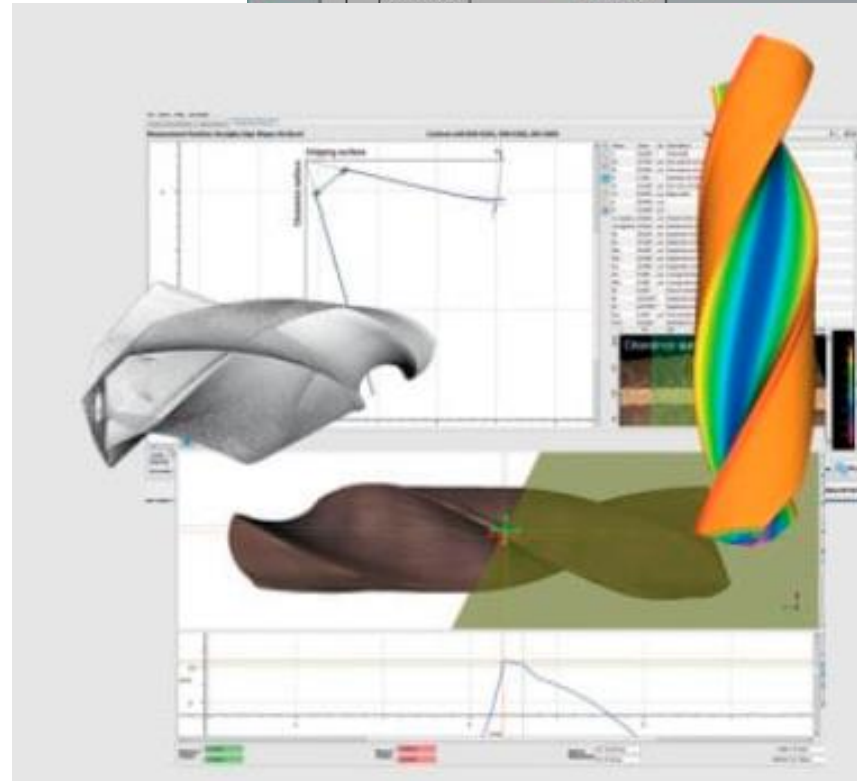
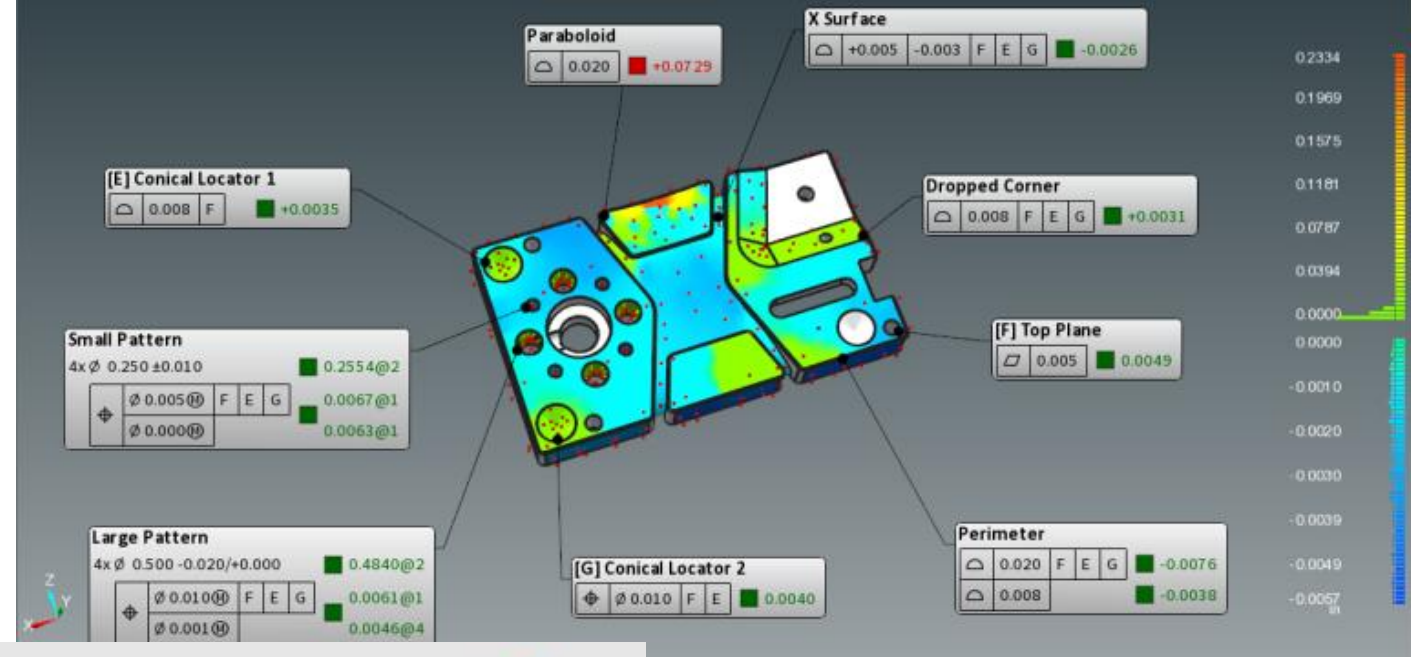
Merni pipci

- Merni pipci se najčešće izvode kao sferni, ili konični,
- Prečnik sfere se kreće od 2 do 20mm,
- Dužina mernog pipka može da varira do čak 250mm,
- Prema obliku merni pipci mogu biti pravi ili zakrivljeni,
- Prema nameni mogu biti i specijalni.



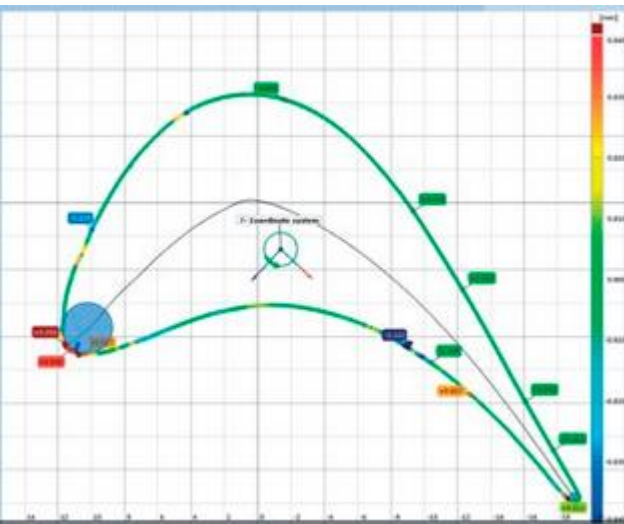
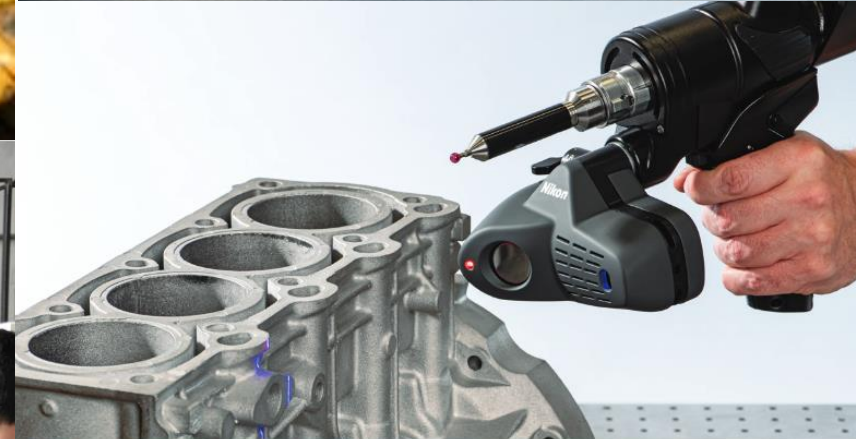
Primena mernih ruku

- 3D digitalizacija
- Dimenziona analiza
- Kontrola prvog komada
- CAD- Inspekcija



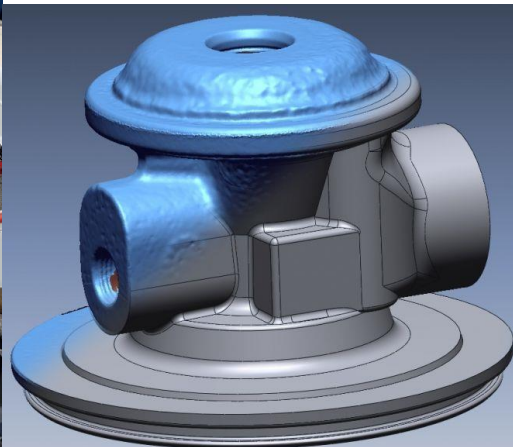
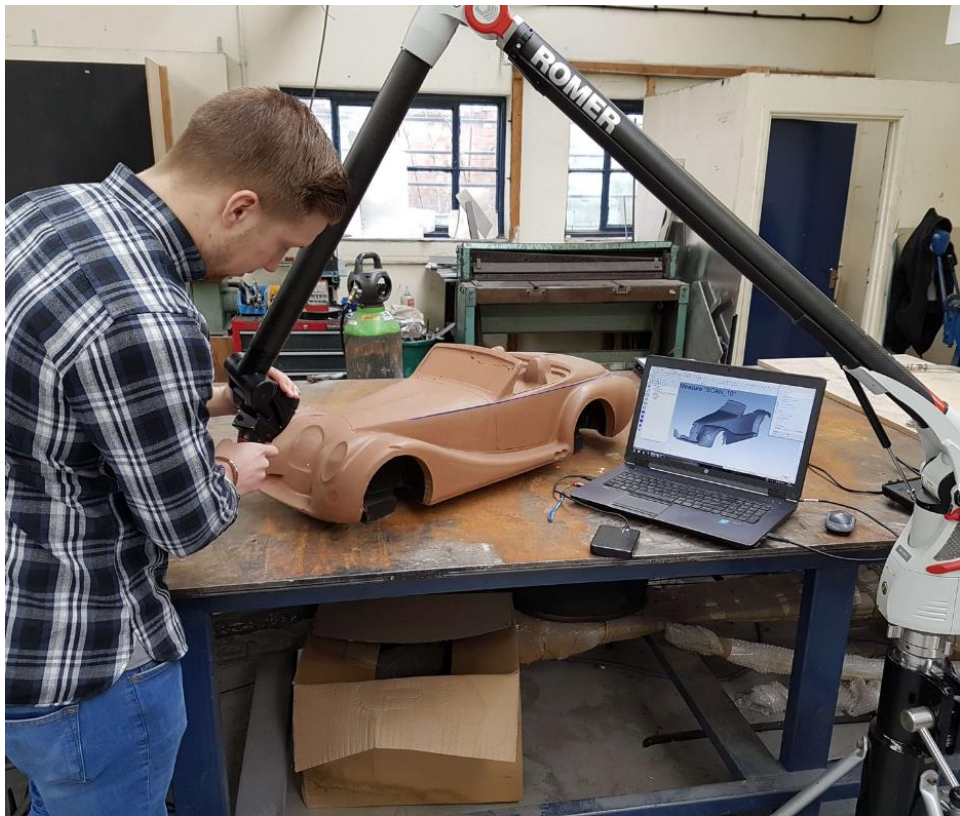
Primena mernih ruku (industrije)

- Mašinska industrija
- Auto industrija
- Avio industrija itd.



Primena mernih ruku

- Reverzibilno inženjerstvo
- 3D digitalizacija



Primena mernih ruku

- Pozicioniranje alata, pribora i obradaka





HEXAGON
MANUFACTURING INTELLIGENCE

hexagonmi.com | [@hexagonmi](https://twitter.com/hexagonmi)



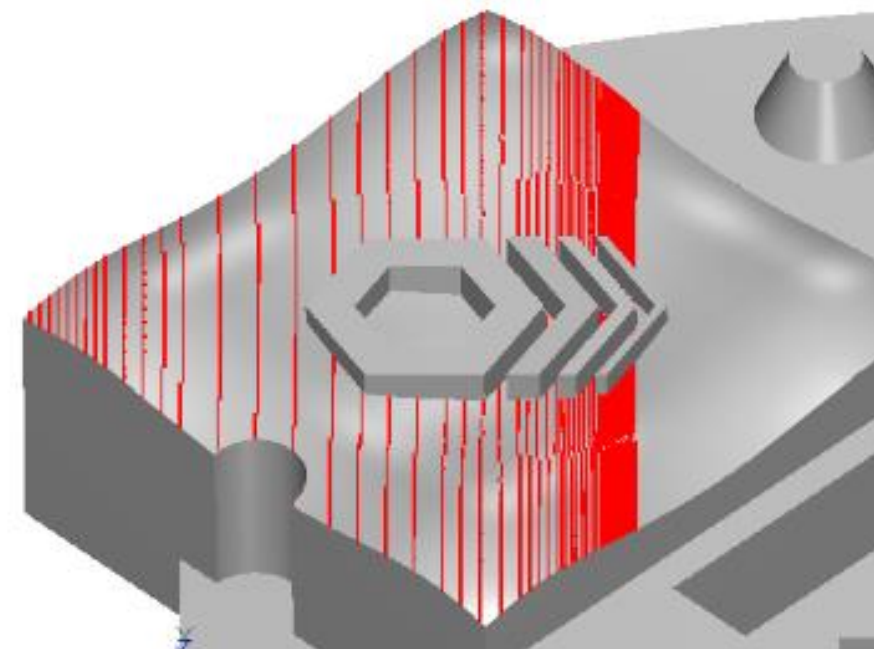
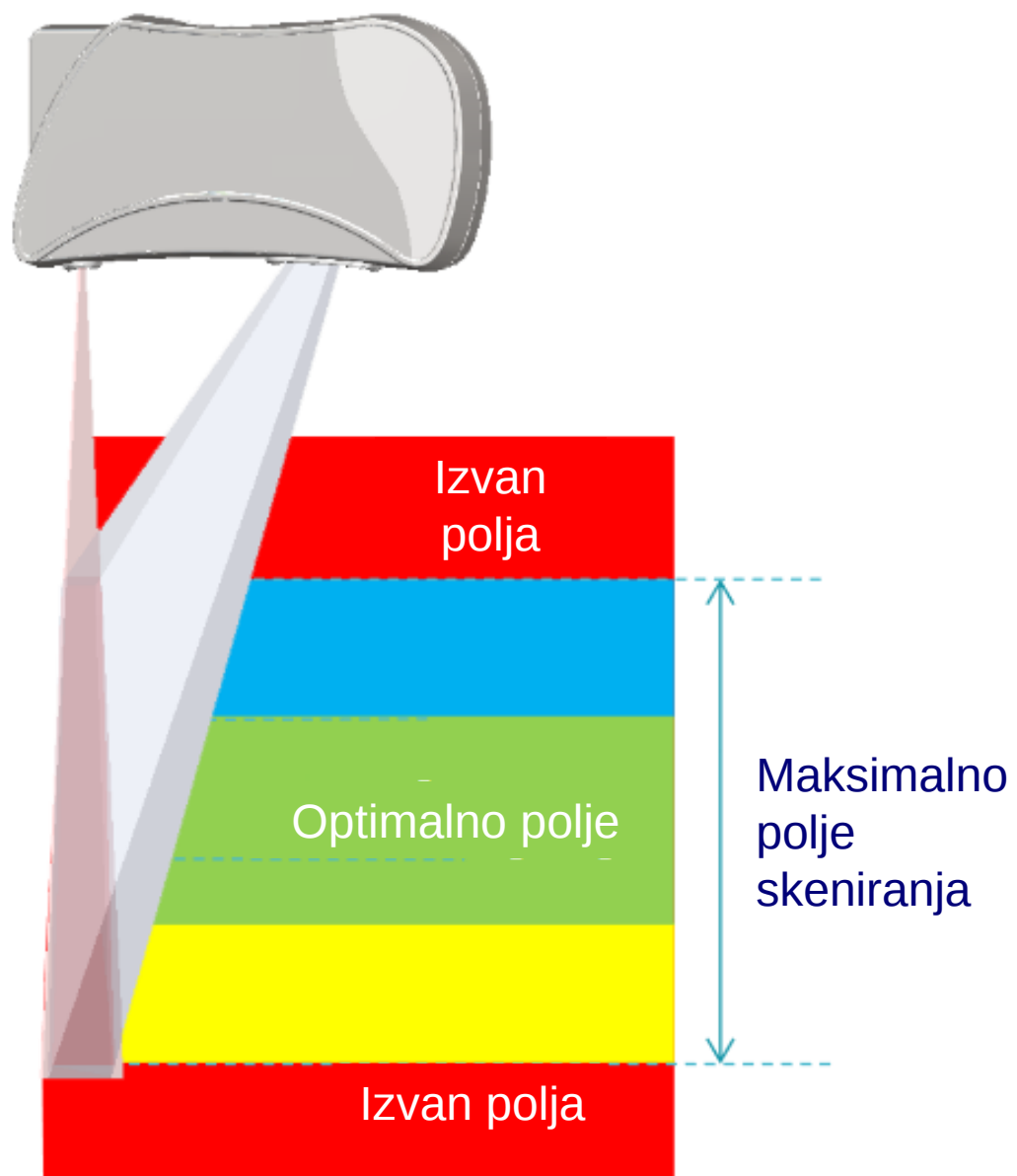
Laserski senzorski sistemi

- Dužina laserske linije najčešće se kreće oko 150 - 200
- Bazirani na triangulaciji

Usaglašenost sa ISO 10360-8



Laserski senzorski sistemi

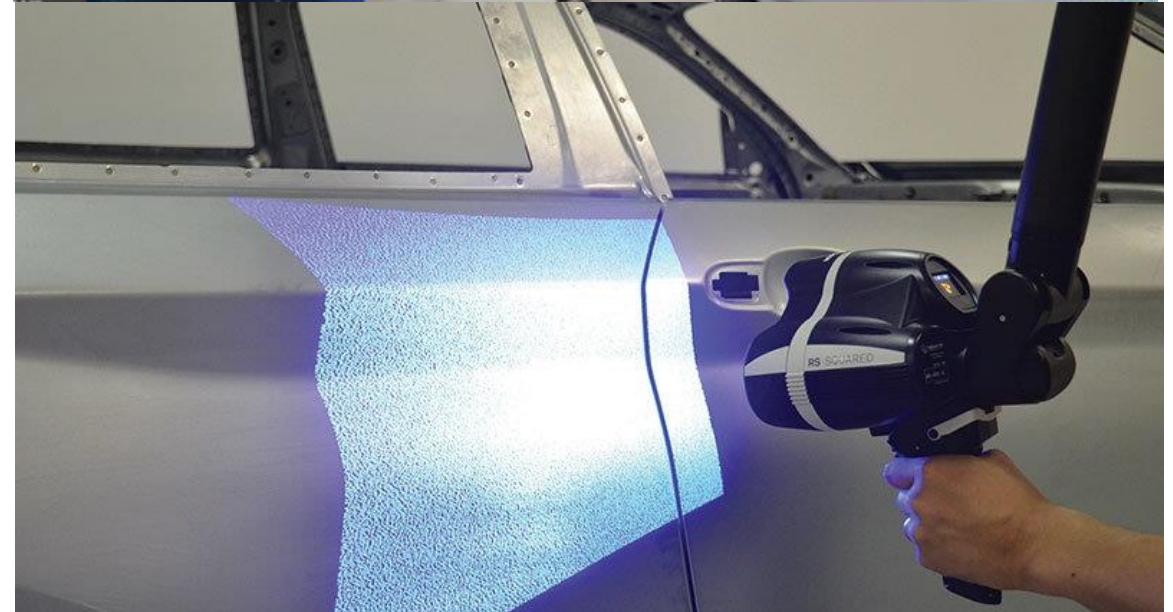




Kreon

Senzorski sistemi na bazi struktuiranog svetla

- Bazirani su na naprednoj tehnologiji skeniranja pomoću struktuiranog svetla.
- Koristi se bela svetlost prilikom projektovanja paterna na površinu koja se skenira.
- Omogućavajući veliku površinu skeniranja.



RS-SQUARED Area Scanner

High-speed structured light scanning
for the Absolute Arm

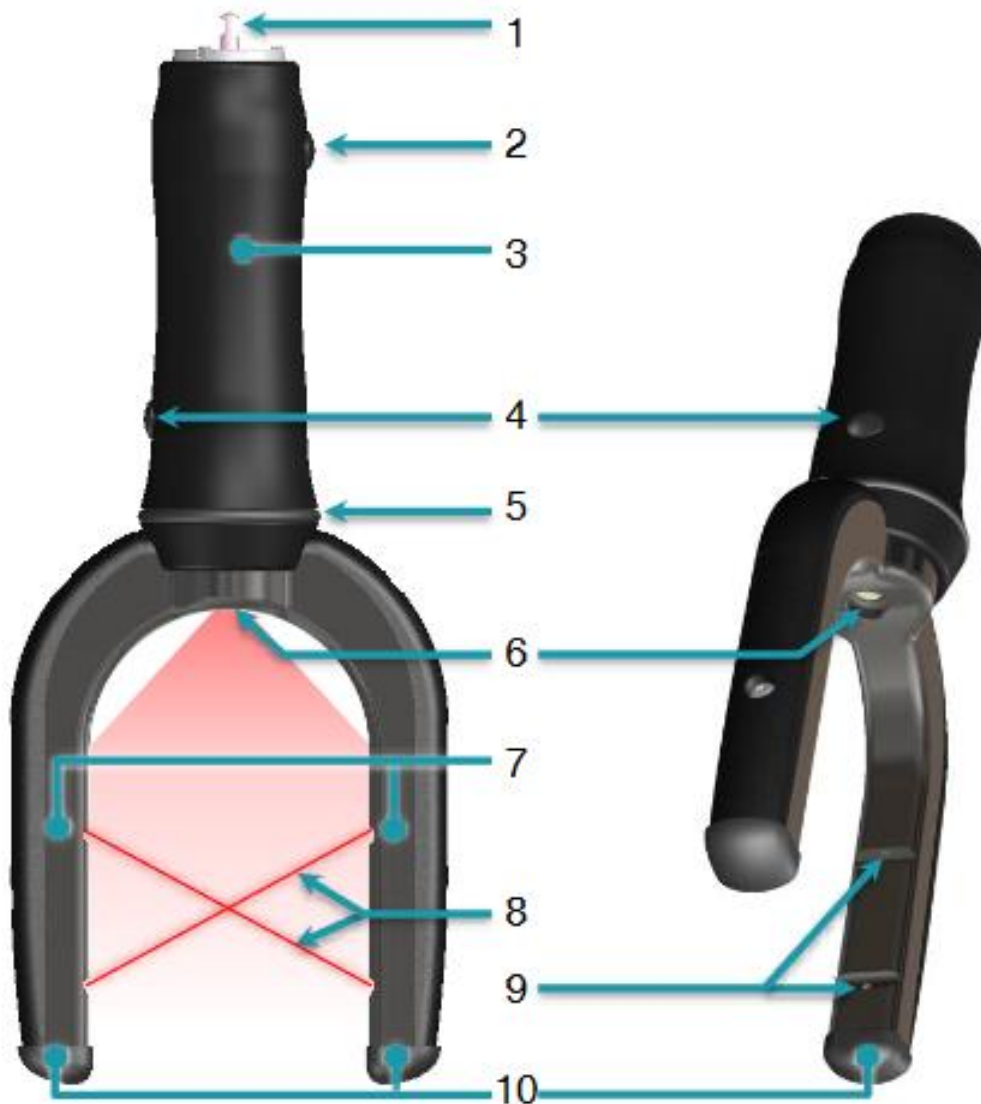


Infracrveni laserski senzorski sistem

- Beskontaktna sonda u obliku viljuške služi za merenje svih vrsti cevi i creva kružnog poprečnog preseka.
- Laserska tačka vodi korisnika kako bi izvršio što tačnije merenje.
- Viljuške se izrađuju u različitim veličinama.



Infrared laserski senzorski sistem



1. Konektor

2. Taster

3. Ručka

4. Laser On/Off dugme

5. Zaštitni O-prsten

6. Laser

7. Viljuška

8. Infracrveni zraci

9. Infracrveni

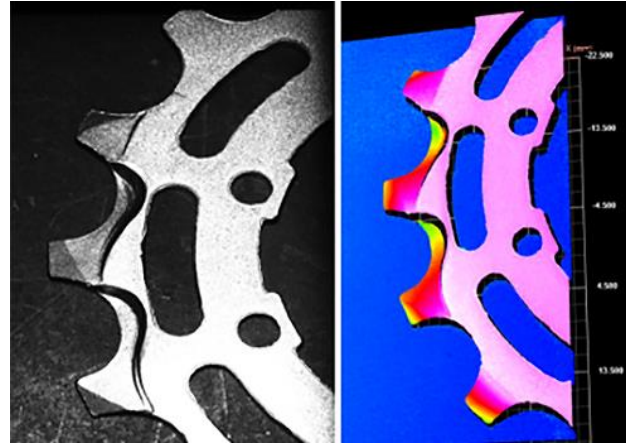
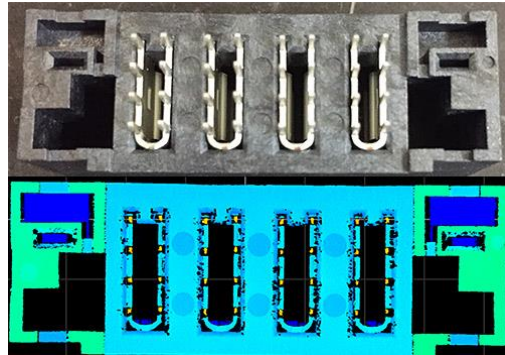
predajnik/prijemnik

10. Zaštitni gumeni čepovi

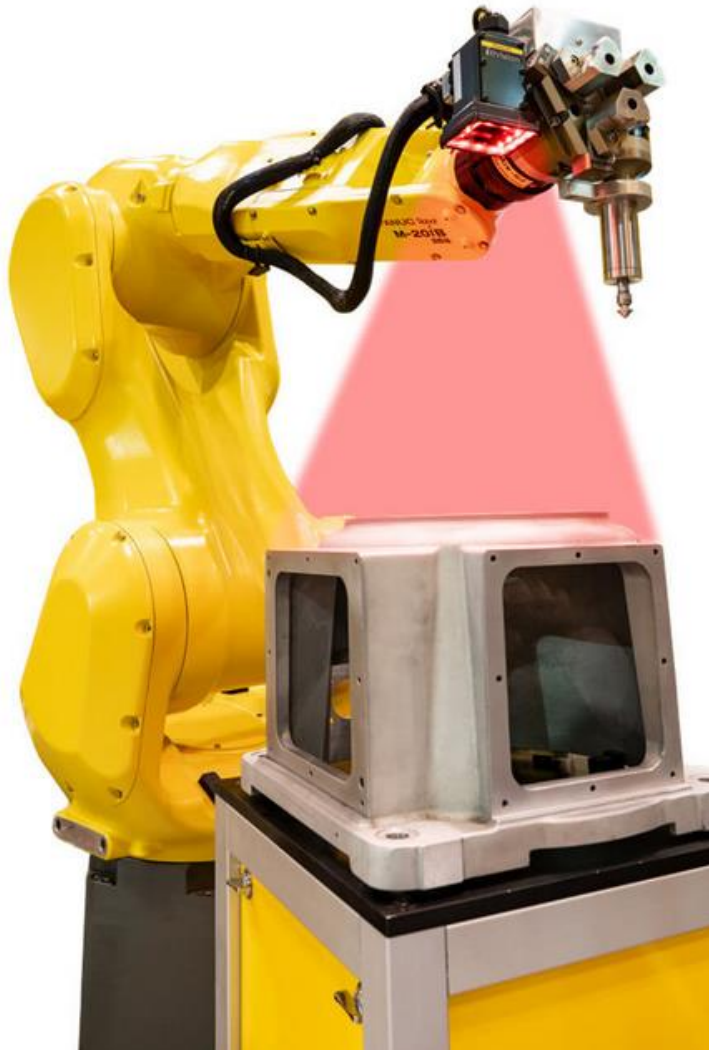


Senzorski sistem na bazi mašinskog učenja

- Koristi principe mašinskog učenja.
- Služe za prepoznavanje nasumično složenih delova u tri dimenzije, omogućavajući tako brzu kontrolu povećavajući proizvodnost.

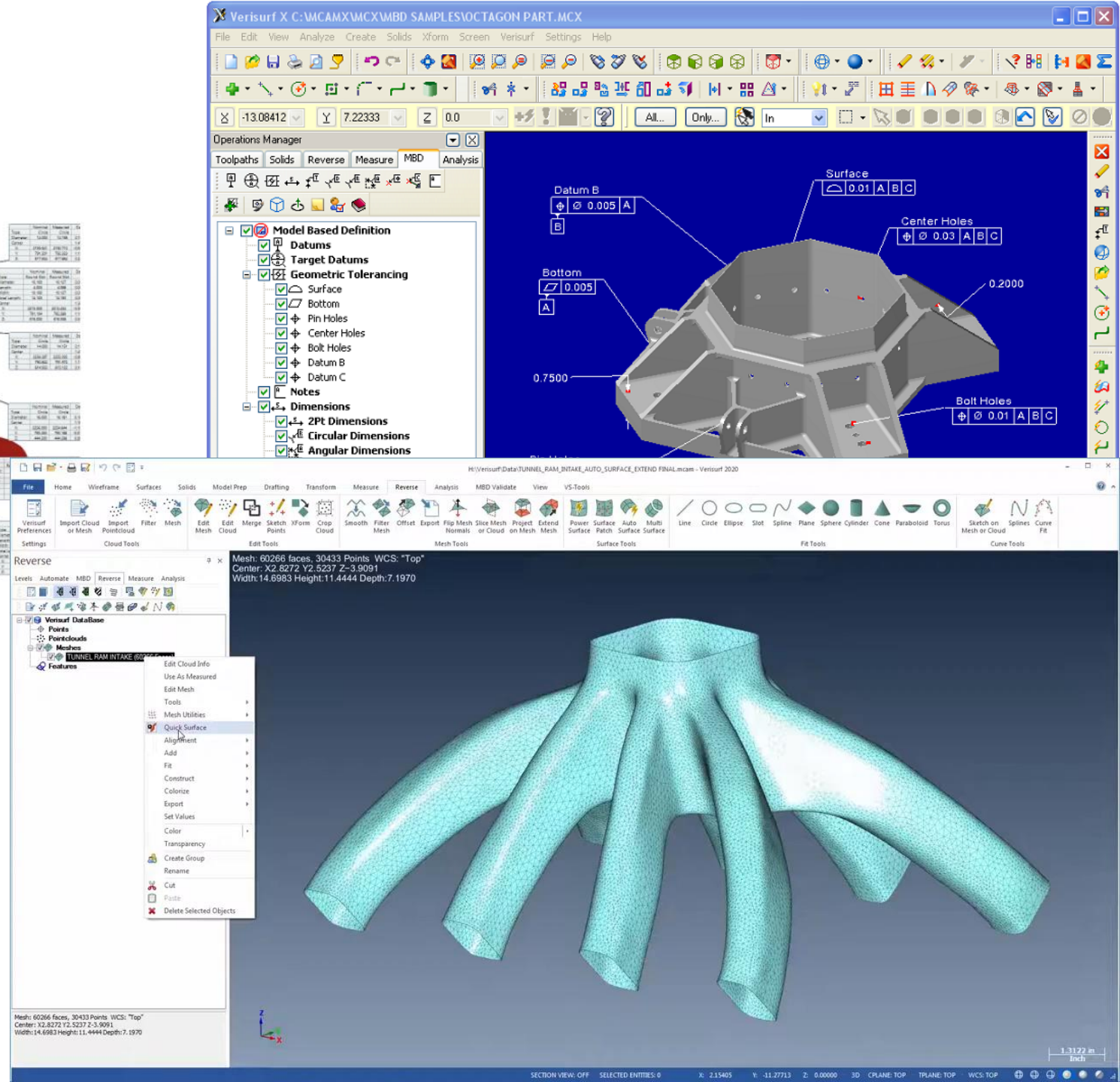
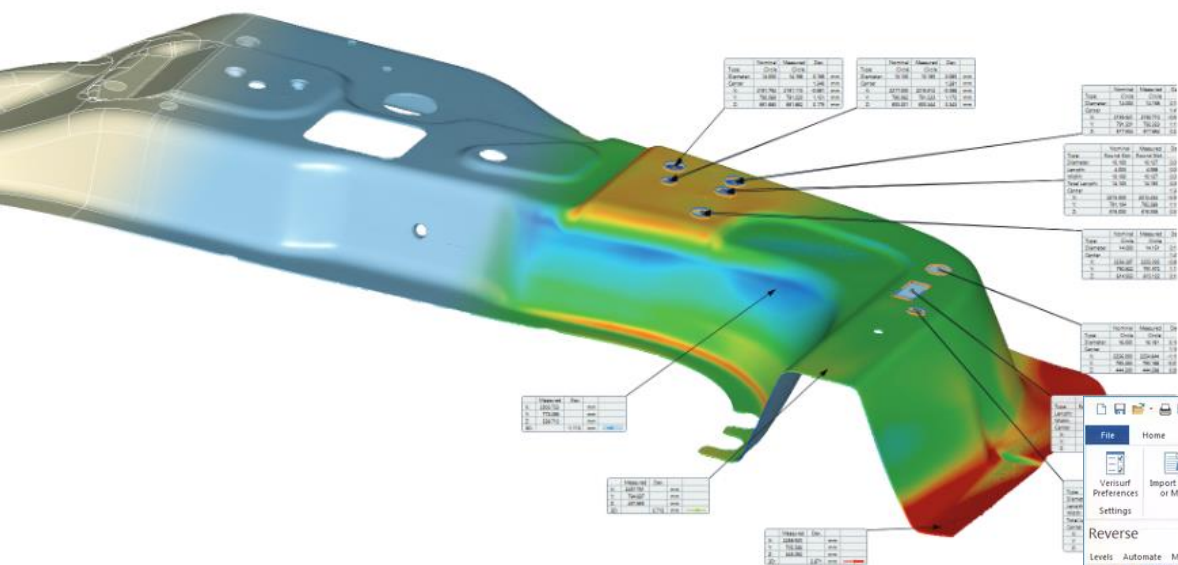


Senzorski sistem na bazi mašinskog učenja



Softverska podrška

- Kompatibilnost (uvoz/izvoz različnih formata)
- Rekonstrukcija geometrijskih primitiva
- Parametarsko modelovanje
- Automatska ekstrakcija površina
- CAD inspekcija
- Kreiranje izveštaja



Prednosti / Nedostaci

Prednosti ove vrste uređaja za 3D-digitalizaciju:

- + mobilnost,
- + primenjivost u različitim okruženjima (od pogona do otvorenih prostora),
- + mogućnost jednostavne 3D-digitalizacije većih objekata (iz nekoliko mernih pozicija).
- + hibridni senzorski sistemi

Nedostaci su:

- manja tačnost u odnosu na stacionarne merne mašine,
- optički senzori mogu biti osetljivi na refleksiju i tamne boje materijala

Pitanja?

