

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Industrijsko inženjerstvo
Predmet: Reverzibilni inženjerski dizajn i 3D štampa

3D DIGITALIZACIJA
KONTAKTNE SONDE I FOTOGRAMETRIJA
Predavanje 3

Merna sonda

- ✓ Merna sonda predstavlja jedan od najvažnijih podsistema KMM.
- ✓ To je prvi element mernog lanca koji generiše merni signal srazmeran vrednosti merne veličine, odnosno detektovanoj sili.
- ✓ Mernu sondu čine dva osnovna dela:
 - 1) senzor i
 - 2) sistem za prihvatanje mernog pipka.



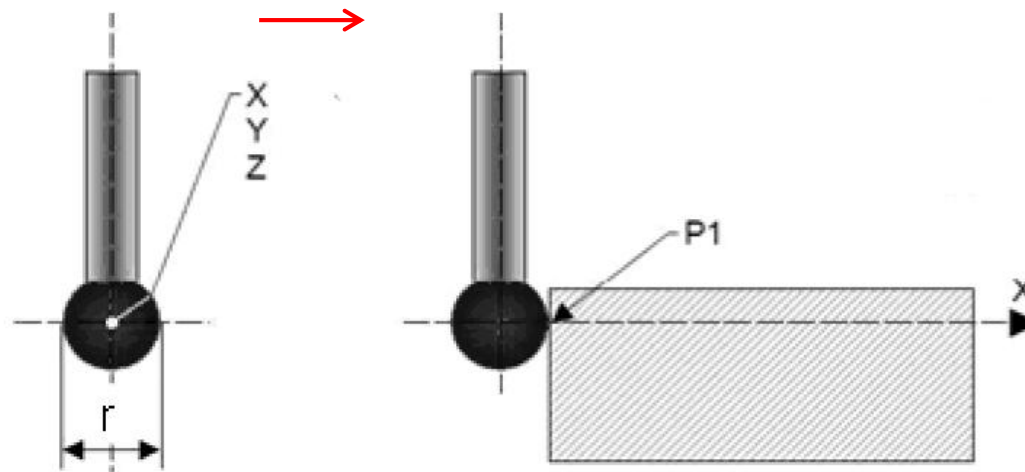
Kontaktne merne sonde



Krute sonde

Krute merne sonde koriste se tako što korisnik (operator) ručno dovodi merni pipak u fizički kontakt sa tačkom koja se meri, a zatim šalje signal za snimanje koordinata centra sfere ili vrha kupe putem mernog sistema.

Primena krutih mernih sondi je i dalje vrlo prisutna kod koordinatnih mernih mašina tipa zglobne merne ruke.



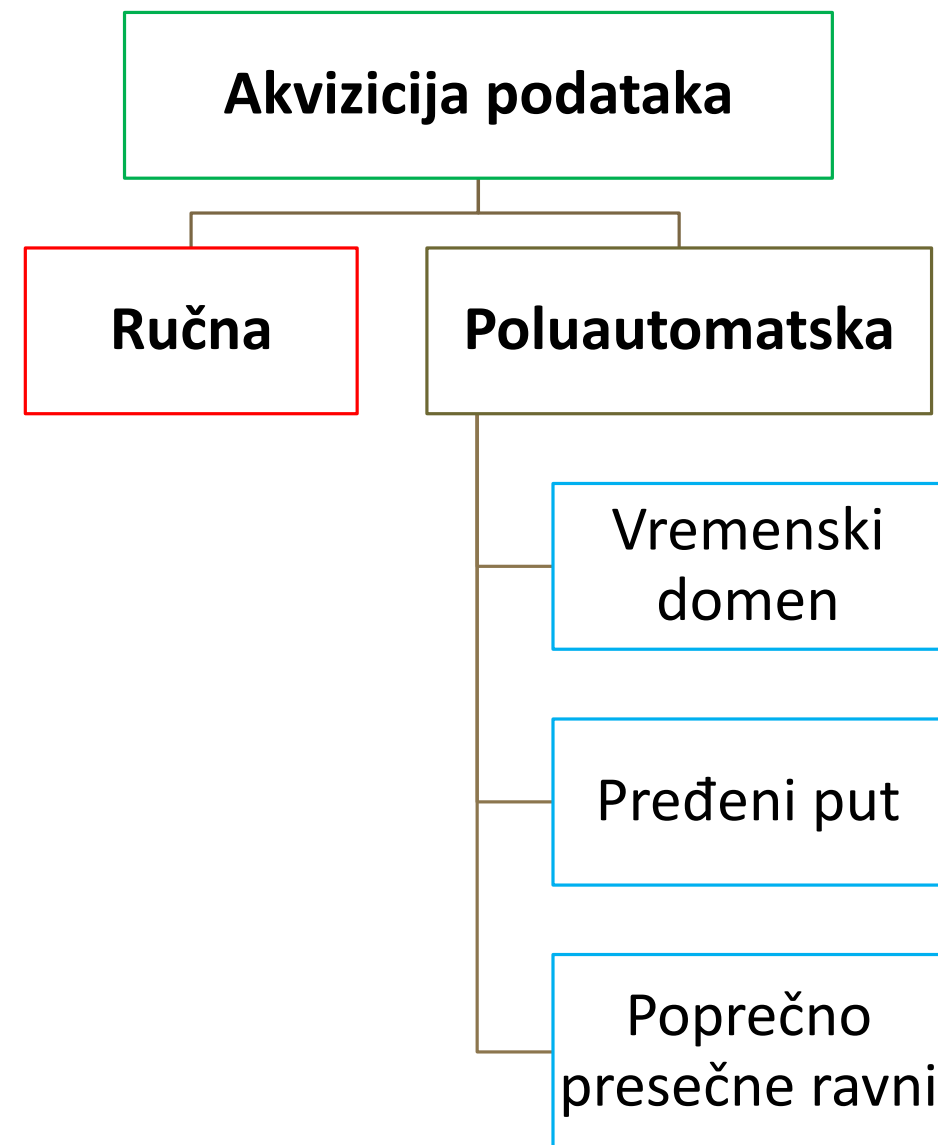
Akvizicija podataka (kruta merna sonda)

Akvizicija podataka može biti:

1) Ručna - 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 predefinisanim poprečno presečnim ravnima, u skladu sa koordinatnim sistemom i rezolucijom.

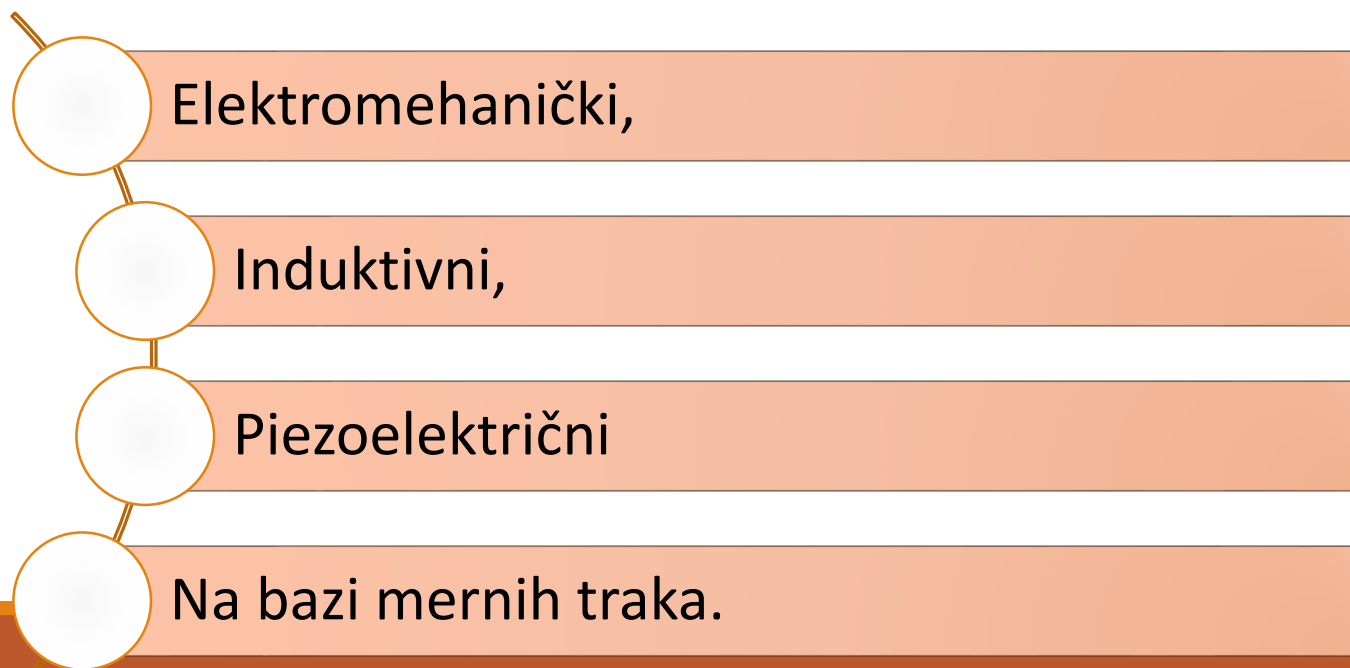


Kontaktne merne sonde za merenje “tačka po tačka”

Ove merne sonde se nazivaju i „okidačke“ (eng. trigger) zato što generišu električni signal kada dođu u fizički kontakt sa mernim predmetom.

Ovaj signal se koristi za zaustavljanje svih kretanja mašine i snimanje koordinata centra vrha mernog pipka od strane mernog sistema KMM.

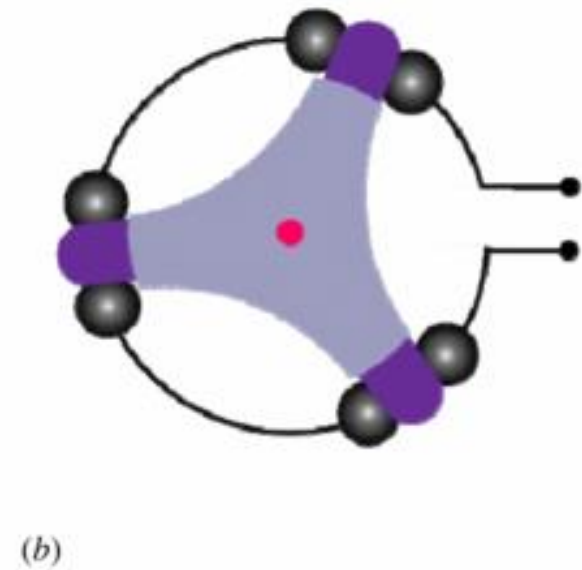
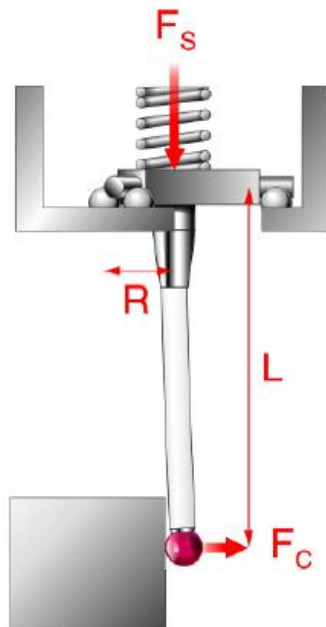
Kontaktne merne sonde za merenje na principu „tačka po tačka“ mogu se podeliti u sledeće kategorije prema vrsti senzora:



Merne sonde sa elektromehaničkim senzorom

Ova vrsta sonde spada u najjednostavnije.

Osnovna funkcija ove merne sonde je uspostavljanje ili prekidanje elektromotorne sile u odgovarajućem strujnom kolu u trenutku dodira mernog pipka sa mernim predmetom, čak i pri silama dodira manjim od 0,01 N.

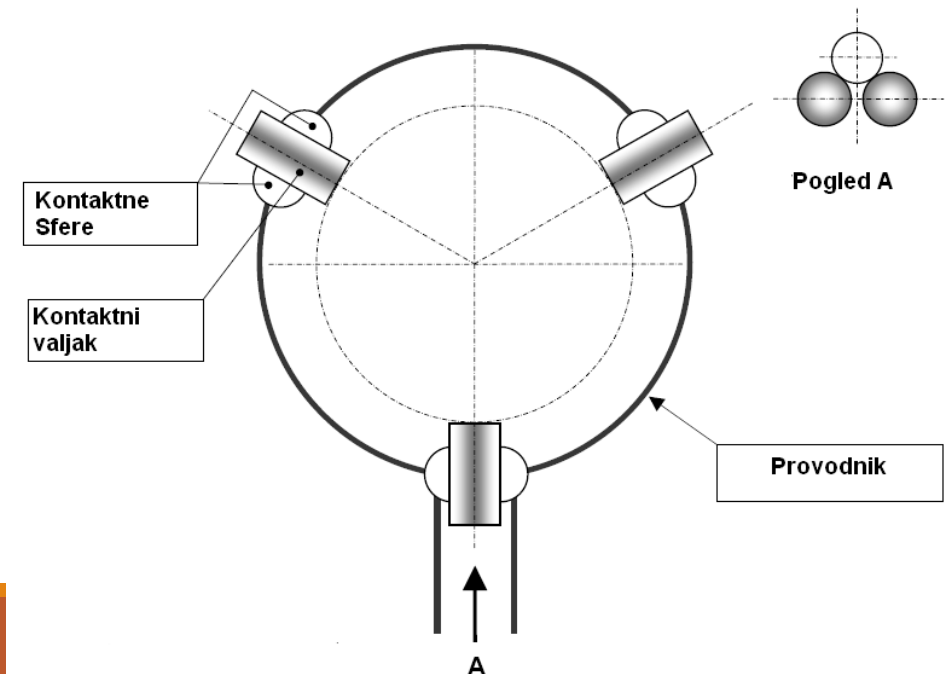
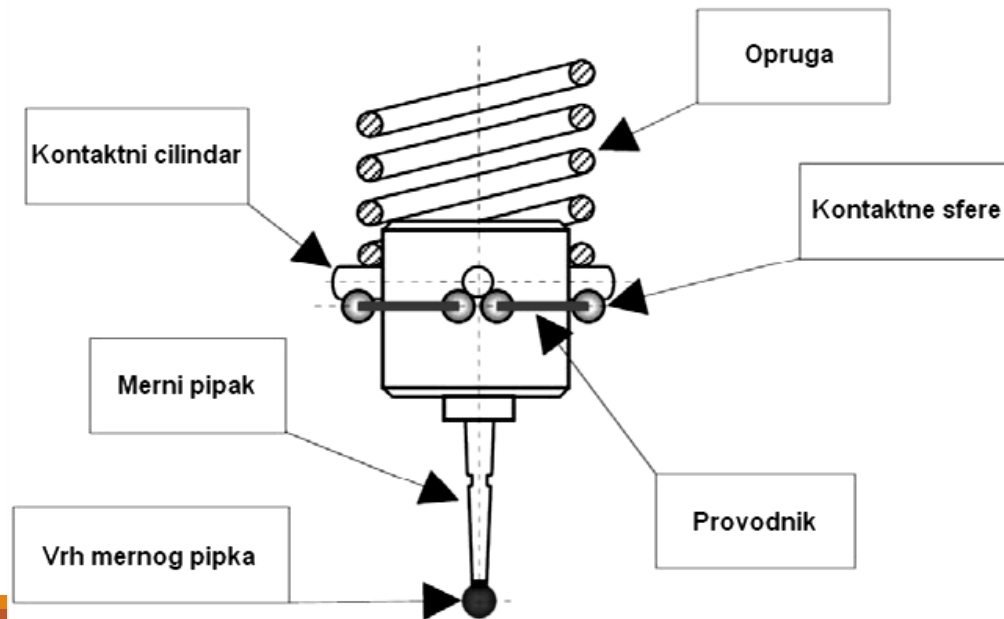
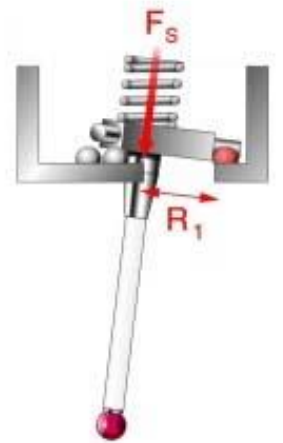


Zasnovani su na mehanizmu kod kojeg su tri para kontakata zatvorena silom opruge.

Tri kontakta obrazuju statički nosač, sa velikom ponovljivošću pozicioniranja.

Kontakti su sastavljeni od tri cilindra koja se nalaze u istoj ravni pod međusobnim uglom od 120° .

U stanju mirovanja cilindri zajedno sa sferama zatvaraju električno kolo.





How a touch-trigger probe works

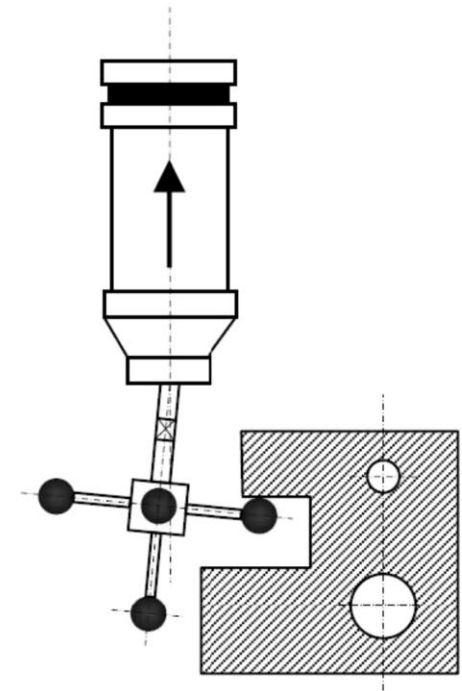
RENISHAW 

Merne sonde sa elektromehničkim senzorom se izvode kao:

- ✓ 5-smerne (sposobne za merenje u bilo kom pravcu, ali ne u pravcu ose mernog pipka) ili
- ✓ 6-smerne kojima se meri u svim pravcima;

Glavni nedostaci su im:

- sporost,
- ne mogu se upotrebiti za "skeniranje",
- nisu pogodni za izvršenje mernih zadataka koji zahtevaju samocentriranje merne sonde,
- lako se lome i
- izazivaju izvesne teškoće kod automatske izmene merne sonde.



Šestosmerna merna
sonda sa
elektromehničkim
senzorom

Merne sonde sa induktivnim senzorom

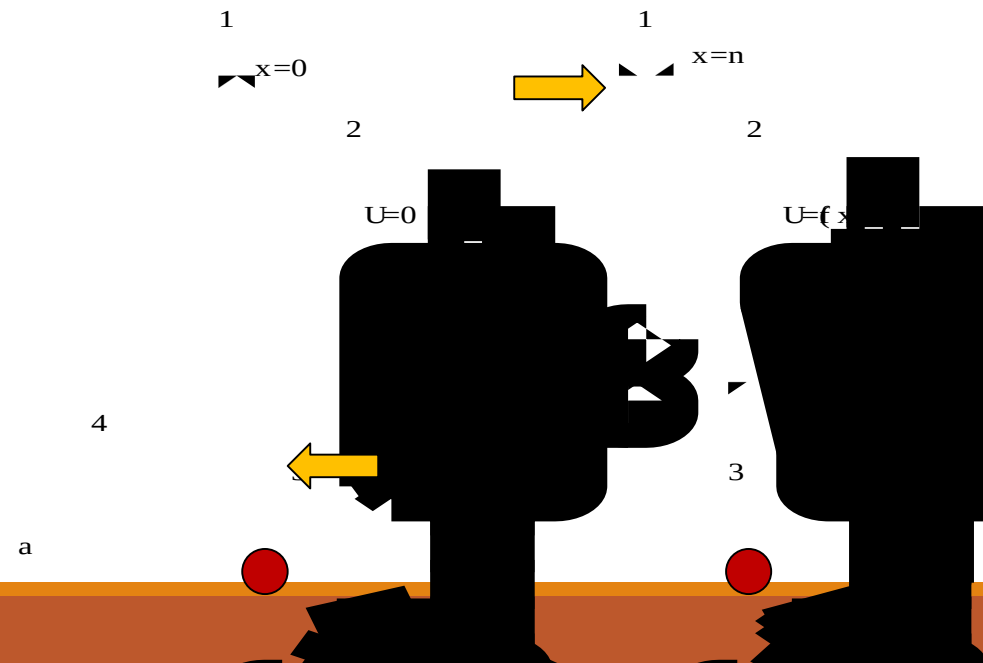
Kod većine proizvođača KMM merne sonde se izvode sa induktivnim senzorom.

Pri kontaktu mernog pipka i mernog predmeta, indukuje se napon ($U=f(x=n)$) i aktivira se upravljanje koje dalje pomera pokretni element KMM po odgovarajućoj mernoj osi sve dok se induktivni merni sistem korespondentne ose ne dovede u nulti položaj.

Nakon određenog vremena (oko 1 sekunde) sistem se nalazi u ovom induktivnom položaju u cilju prigušivanja svih mehaničkih kretanja.

Iza toga sledi preuzimanje mernih veličina sa mernog sistema KMM od strane računara.

Princip rada induktivne merne sonde u jednoj osi
(1-smer kretanja;
2-induktivni senzor;
3-merni pipak;
4-merni predmet)

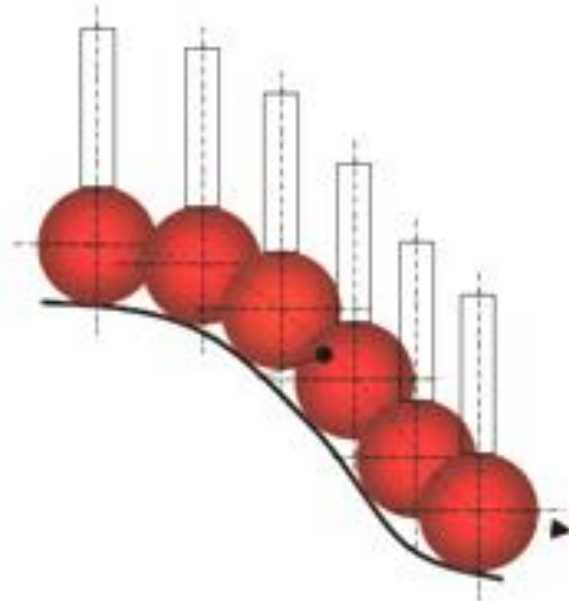


Merne sonde sa induktivnim senzorom

Omogućavaju skeniranje, odnosno kontinualno praćenje konture mernog predmeta.

Kada merni pipak dodirne merni predmet, KMM sledi konturu mernog predmeta (analogno upravljanju pomoću kopirnog šablona) pošto merna sonda dopušta kretanje u potrebnim pravcima.

Ovo je moguće obzirom da upravljački sistem neprekidno deluje na senzorske sisteme merne sonde primoravajući ih da zauzimaju nulte položaje.



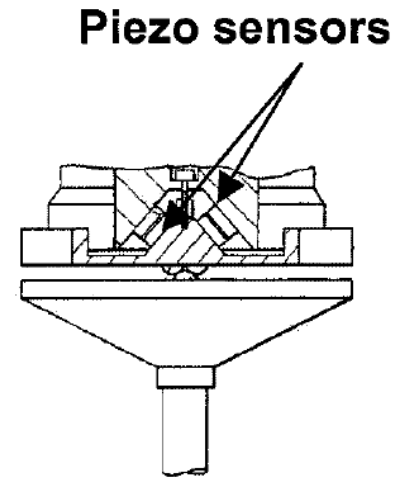
Mene sonde sa piezoelektričnim senzorom

Piezoelektricitet (od grčke reči „piezin“ = pritiskati) je fenomen (koji su otkrili Pjer i Džek Kiri 1880. godine) da je električni potencijal prisutan u određenim oblicima kristala kada su izloženi mehaničkom dejstvu.

Piezoelektrični senzor **detektuje oscilacije nastale prilikom kontakta vrha pipka i mernog predmeta.**

Glavne **karakteristike** ove vrste senzora su:

- veoma dobre metrološke osobine čak i sa pipcima sa povećanom dužinom,
- mogućnost merenja tačaka u svim pravcima (6-smerno),
- mogućnost direktnog postavljanja u glavnu osu
- koordinatne merne mašine i
- visoka tačnost.



Bez obzira na interesantna svojstva, ovaj tip senzora nije rasprostranjen kao prethodni, ali se tu mora naglasiti da su senzori sa elektro-mehaničkim statičkim nosačem koncipirani i plasirani na tržište tokom ranih 70-tih godina XX veka, dok su piezoelektrični senzori koncipirani mnogo kasnije.

Merne sonde sa senzorom u obliku merne trake

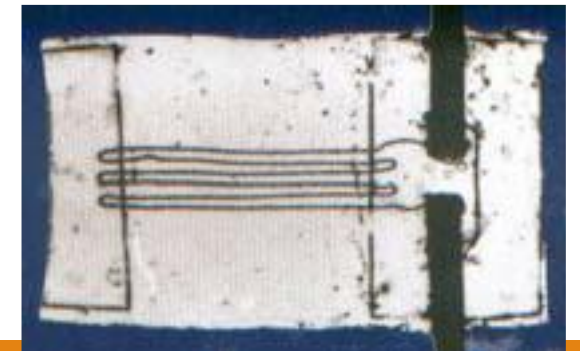
Ovi merne sonde imaju mogućnost merenja sile kontakta pipka i predmeta u tri pravca.

U odnosu na elektromehaničke "tačka po tačka" senzore, senzori sa mernim trakama stvaraju signal pri znatno manjoj sili dodira sa predmetom, što dozvoljava neznatno savijanje pipka i znatno smanjen otklon.

Iz prethodnog proizilazi dobra osobina merne sonde sa mernim trakama - mogućnost upotrebe pipaka većih dužina.

Nedostatak je velika osetljivost ovih uređaja, izlazni podaci se moraju prečistiti kako bi se izbegle tačke koje predstavljaju šum (nisu nastale usled kontakta sa delom, već usled vibracija pokretnih elemenata mašine).

Zbog toga se preporučuje korišćenje pipaka od materijala sa dobrim karakteristikama prigušenja oscilacija i što manje mase.



Kontinualne kontaktne merne sonde

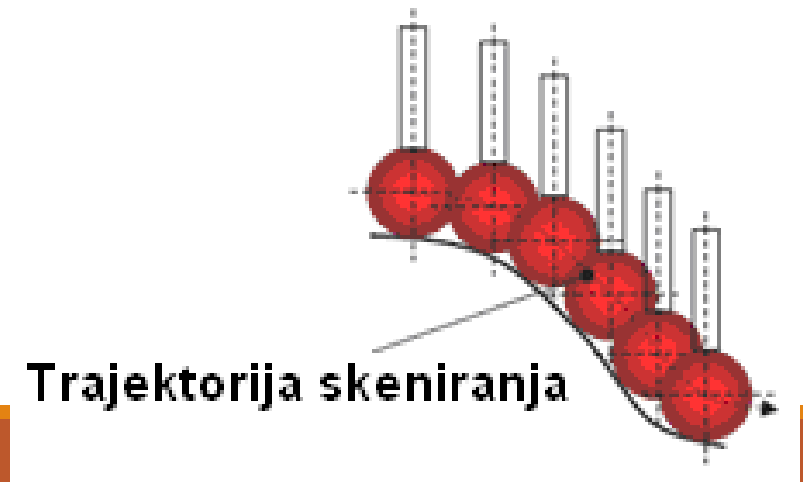
Kontinualne kontaktne merne sonde su mnogo godina predstavljale najsofisticiraniji oblik sonde korišćenih na koordinatnim mernim mašinama.

Kao što je već navedeno, kontaktna “tačka po tačka” merna sonda dolazi u dodir sa predmetom samo u trenutku merenja tačke, dok kod kontinualnog skeniranja sonda ostaje u dodiru sa predmetom prateći njegov profil i sakupljajući tačke prema prethodno definisanim pravilima.

Ovaj tip merne sonde se koristi za merenje i za digitalizaciju.

Sonde ove vrste mogu se podeliti u dve kategorije:

- pasivne i
- aktivne.



Pasivne kontinualne kontaktne merne sonde

Pasivne sonde su jednostavniji mehanizmi.

Rade na principu **očitanja otklona pipka pomoću mehanizma opruge**.

Merenje tačaka se ostvaruje kretanjem osa KMM koji uzrokuju pomeranje pipka iz položaja mirovanja.

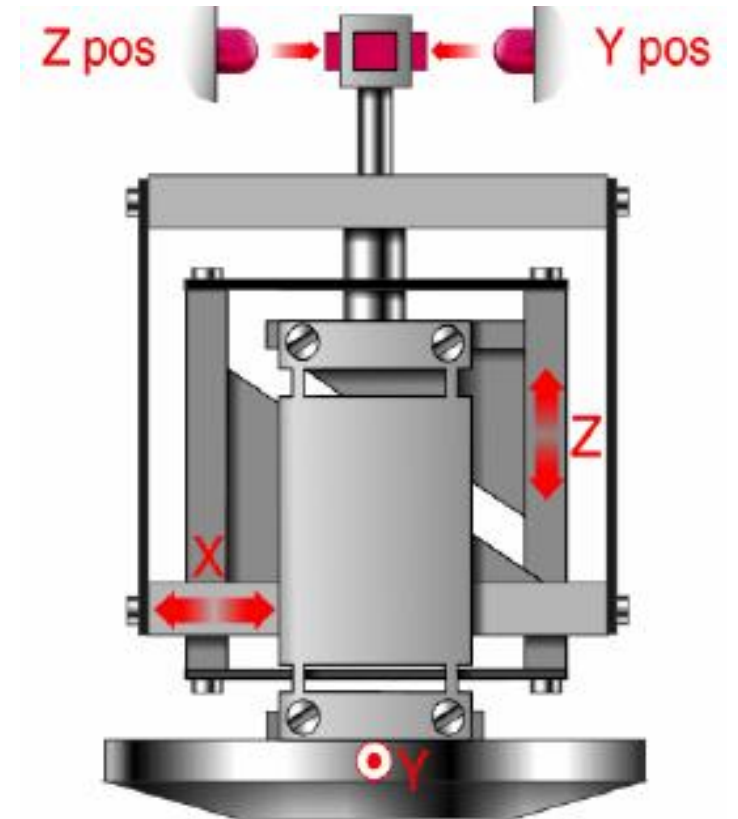
Najčešći mehanizam je zasnovan na tri para opruga, postavljenih u vidu paralelograma.

Sila merenja zavisi od otklona mernog pipka prilikom merenja.

Napretkom upravljačkog sistema KMM, pasivne kontinualne merne sonde su počele da zamenjuju aktivne zbog svoje cene.

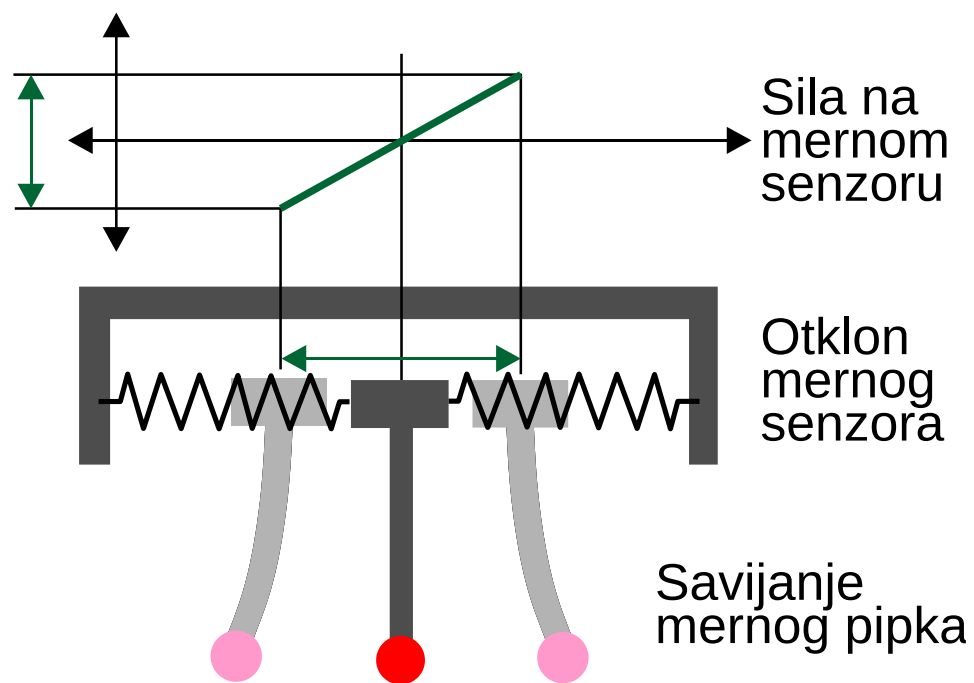
Pasivne merne sonde je moguće pričvrstiti na zglobni držač, tako da je moguće postići bilo koji položaj u prostoru uz izuzetnu ponovljivost.

Ova vrsta mernih sondi se može koristiti i za merenje diskretnih tačaka.



Pasivne kontinualne kontaktne merne sonde

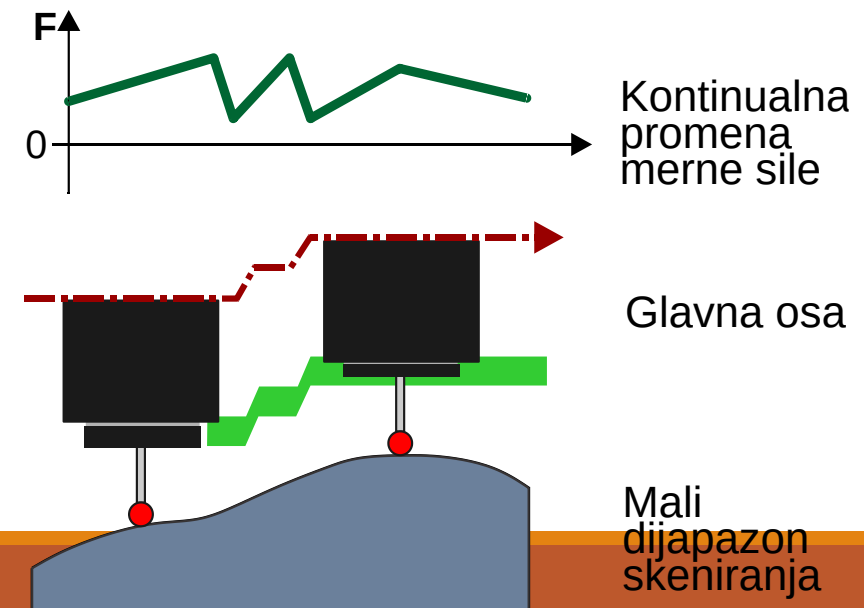
Opruge kod pasivnih mernih sondi imaju ulogu da zadrže pipak u neutralnom položaju, dok se otklon mernog pipka (koji se javlja kao posledica promene oblika konture površine koja se skenira) meri pomoću mernih traka.



Princip rada pasivnih mernih sondi

- Osnovna slabost pasivnih sondi se ogleda u potrebi za čestim repozicioniranjem sonde, što je diktirano porastom sile u oprugama.
- Naprezanje opruga, koje raste sa povećanjem promena oblika kontura površina koje se skeniraju, utiče na manju tačnost očitavanja sa mernih traka.
- Pored toga, u ovim slučajevima sila mernog pipka na površinu koja se skenira se povećava, što može biti dodatni problem (i izvor greške) u slučaju mekših materijala.
- Jedini način da se opruge rasterete jeste repozicioniranje merne sonde, što omogućava održavanje nivoa napregnutosti opruge u granicama koje obezbeđuju zadovoljavajuću tačnost merenja.

Repozicioniranje i promena sile
kod pasivnih mernih sondi



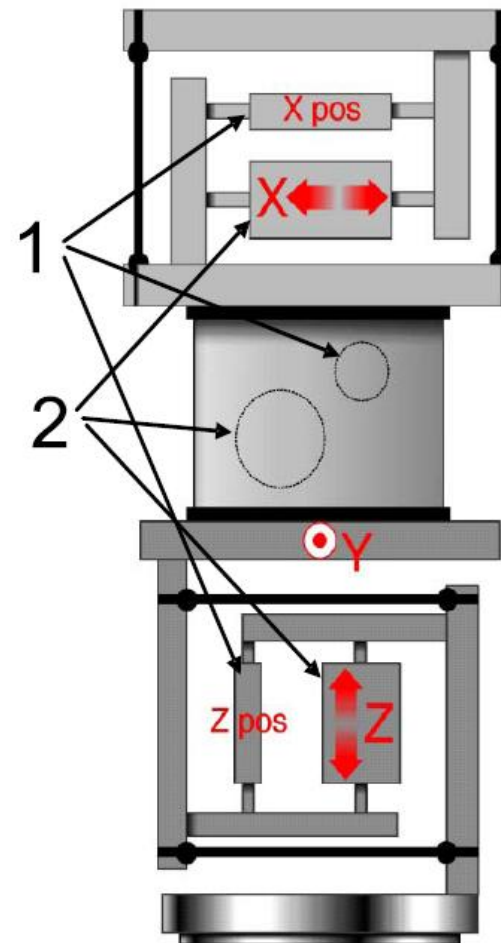
Aktivne kontinualne kontaktne merne sonde

Aktivne sonde praktično predstavlja KMM unutar KMM.

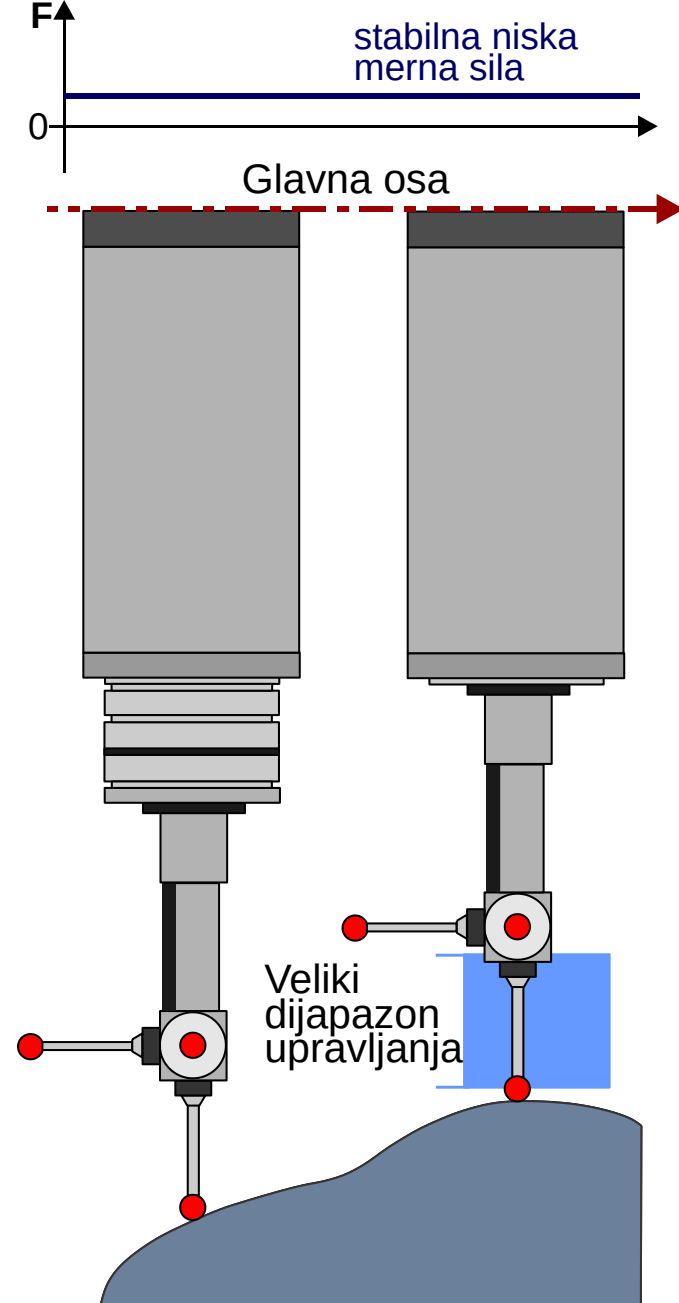
Sadrži **merni sistem (1)**, **pogonski sistem (2)** i **noseću strukturu**.

Ovi uređaji koriste aktivno generisanje sile, tj. za vreme merenja po putanji skeniranja, senzor unutar sonde sam kontroliše silu kontakta sa delom i na taj način se izbegavaju uticaji izazvani deformacijama pipka pri merenju.

Savremene merne sonde ove vrste su opremljeni sistemom automatskog uravnoteženja mase sistema pipaka.



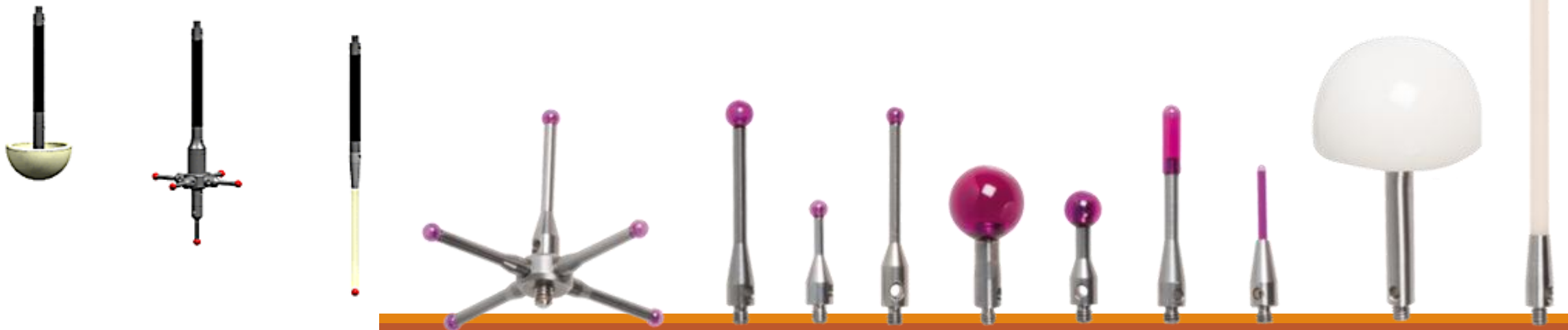
- Kod aktivnih sondi se umesto opruga i mernih traka koriste softverski upravljani elektromagneti i regulatori sile koji održavaju stabilnom vrednost sile na mernom pipku nezavisno od njegove pozicije.
- Za razliku od opruga kod kojih se sila ne može biti podešavati, kod aktivnog sistema se prati otklon mernog pipka u realnom vremenu i u skladu sa tim podešava merna sila.
- To omogućava značajno veći dijapazon pomeranja mernog pipka bez potrebe za repositioniranjem merne sonde i bez promene sile primenjene na površinu koja se digitalizuje, a rezultat su veća tačnost merenja i brzina skeniranja.



Princip rada i promena sile kod aktivnih mernih sondi

Merni pipak sonde

Merni pipak sonde je izmenljiv za slučaj oštećenja i habanja, ali i kako bi se omogućio izbor najbolje konfiguracije (dimenziono i morfolški) za dati metrološki zahvat.



Telo mernog pipaka

Telo mernog pipka je u opštem slučaju napravljeno od nerđajućeg čelika, ali neretko se sreću tela pipka od keramike ili ugljeničnih vlakana, kako bi se smanjila masa, obezbedila dobra reakcija na temperaturne uslove okoline itd.



Keramika - Keramička tela nude visoku krutost sa malom težinom i stoga se posebno preporučuju za dugačke merne pipke gde je težina kritičan faktor.



Tela od **ugljeničnih vlakana** predstavljaju optimalnu kombinaciju krutosti, težine i termičkog linearnog širenja. Ovo ih čini posebno pogodnim za duge merne pipke i zahtevne zadatke merenja, kao što je proizvodnja sa stalno promenljivim temperaturama okoline. Takođe su idealni za magnetne aplikacije.



Tela od **volfram karbida** pružaju dobru kombinaciju u smislu težine, krutosti i termičke linearne ekspanzije. Ravno telo pipka je najjednostavniji dizajn, ali može se sresti i sa stepenicom.

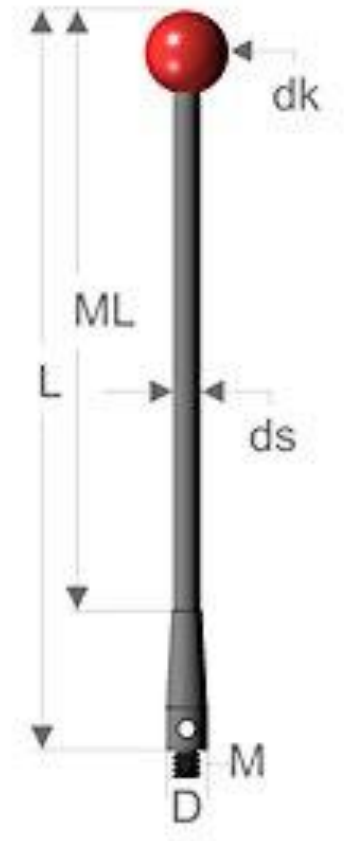
Telo mernog pipaka

Dužina mernog pipka je kritični parametar koji može uticati na pouzdanost mernih rezultata.

Kao i svaki predmet na koji se vrši mehaničko dejstvo, kada pipak dodirne predmet, on podleže elastičnim deformacijama, savijanju i izvijanju.

Amplituda oscilacija može varirati u zavisnosti od:

- ✓ dužine pipka,
- ✓ materijala pipka i
- ✓ brzina merenja.



Vrh mernog pipka

Vrh mernog pipka u obliku sfere se proizvodi od:



Silicijum nitrida - Koristi se za najčešće merne zadatke, ali su posebno pogodni za skeniranje aluminijumskih površina.



Rubin je najčešće korišćen sferni materijal u metrologiji i pogodan je za najčešće merne zadatke. Od rubina se mogu proizvesti veoma male sfere prečnika 0,12 mm.



Keramike - Keramičke sfere imaju veoma nisku poroznost. Dostupne su u velikim prečnicima sfera i kao (šuplje) hemisfere sa optimizovanom težinom i proizvode se prema specifikacijama. Posebno su pogodni za skeniranje grubih površina kao što je liveno gvožđe.

Vrh mernog pipka



Volftam Karbid – Sfere od volfram karbida mogu se napraviti prema specifikaciji. Imaju veliku težinu, upotrebljavaju se kod specifičnih zadataka kao što je merenje zupčanika.

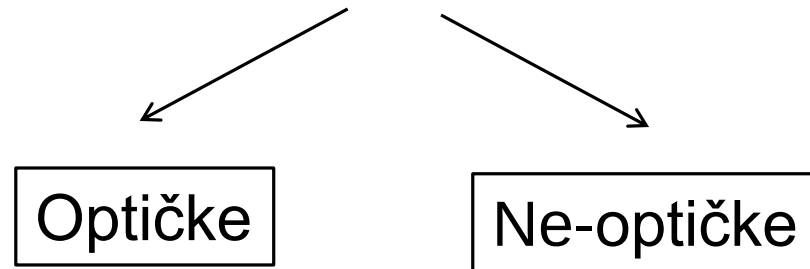


Dijamantska prevlaka - Zahvaljujući premazu sa najtvrdim materijalom na svetu, manje je habanja i nakupljanja materijala. Ove sfere su posebno pogodne za skeniranje mekih materijala. Takođe su idealni za merenje staklenih i reflektivnih površina.

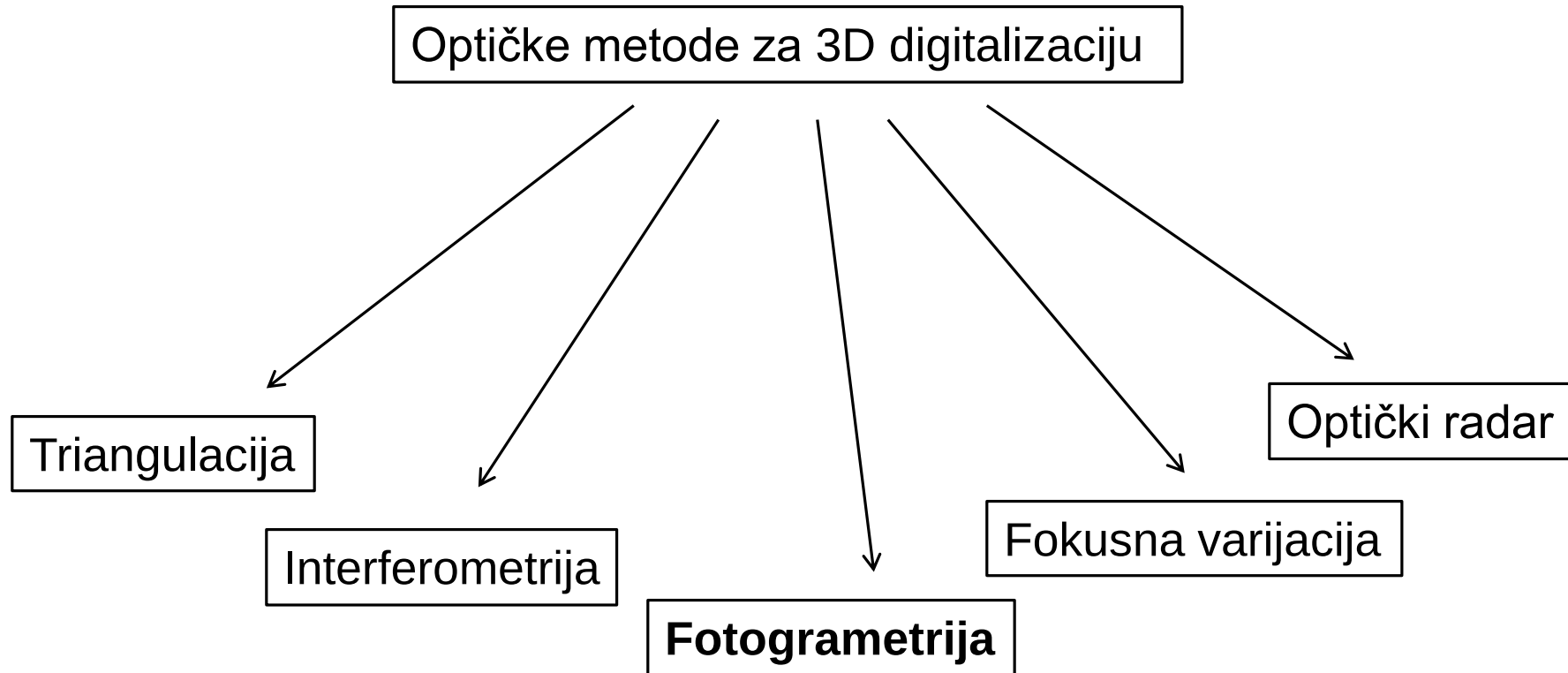


Dijamant - Dijamantske sfere su idealne za merenje veoma tvrdih ili visoko abrazivnih obradaka, kao i za skeniranje radnih komada gde je samo jedna tačka sfere uglavnom u kontaktu sa radnim predmetom (npr. merenja (skeniranja) na rotacionom stolu).

Refleksivne metode za 3D digitalizaciju



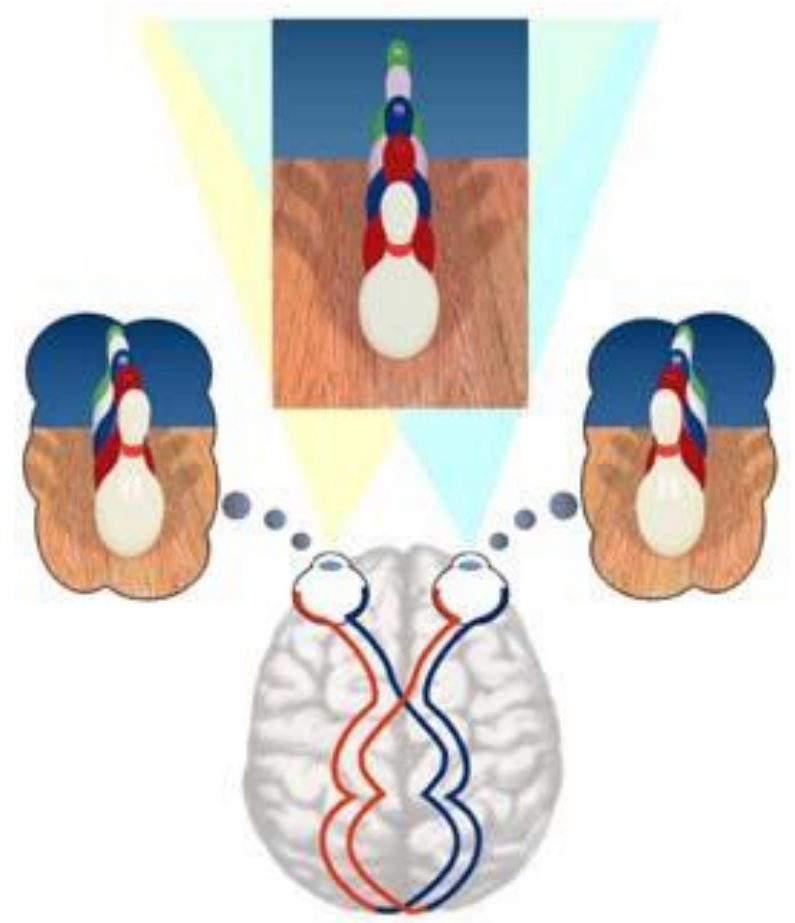
Princip: Projektovanje signala određene vrste na predmet 3D digitalizacije i detektovanje reflektovane informacije sa tog predmeta.



Fotogrametrija

Stereovizijski princip:

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



Šta kamere mere?

- Kamere snimaju 2D slike koje se sastoje od piksela („elementi slike“).
- Kamere mere intenzitet svetlosti za svaki piksel.
- Svaka pozicija na slici (=piksel) odgovara određenom pravcu svetlosti u 3D svetu.

Svaki piksel na senzoru meri količinu svetlost koja dolazi iz određenog pravca.

Kamere za snimanje fotografija

Analogne kamere



<https://filmadvance.com/2011/09/favorite-cameras-olympus-om-10/>

Digitalne kamere



<https://nymag.com/strategist/article/best-digital-cameras-beginners-under-usd1000.html>

DSLR kamere



<https://www.laptopplaza.rs/digitalne-kamere-sr/dslr-kamere-sr/nikon-d7500-dslr-camera-with-18-140mm-lens-sr.html>

Mirror less kamere

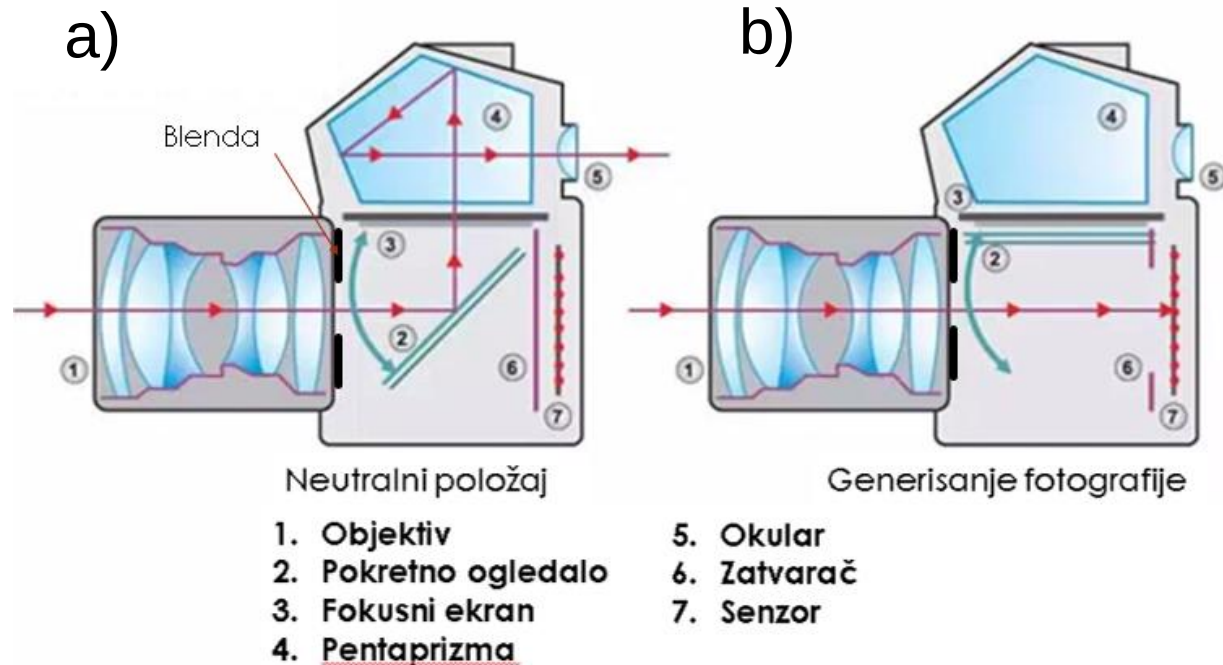


<https://www.filmtools.com/canon-eos-r5-mirrorless-digital-8k-camera.html>

Osnovni delovi Digital Single Lens Reflex kamere

Digitalna kamera je složen uređaj za generisanje digitalnih fotografija. **Princip rada DSLR kamere je sledeći:**

Kamera u položaju a) Svetlosni zrak prolazi kroz sistem sočiva (objektiv) 1. odbija se od pokretnog ogledala 2 i preko fokusnog ekrana 3 ulazi u pentaprizmu 4 i izlazi kroz okular 5. Na ovaj način operater vidi scenu koja će se fotografisati. U trenutku nastanka fotografije b) pokretno ogledalo 2 se podiže na gore, zatim dolazi do otvaranja zatvarača 6 i eksponiranja senzora 7 svetlosnim zracima.



U zavisnosti od intenziteta i talasne dužine svetlosti, senzor generiše napon na svakom svom elementarnom delu „pikselu“ stvarajući digitalni zapis koji se reprezentuje kao digitalna fotografija.

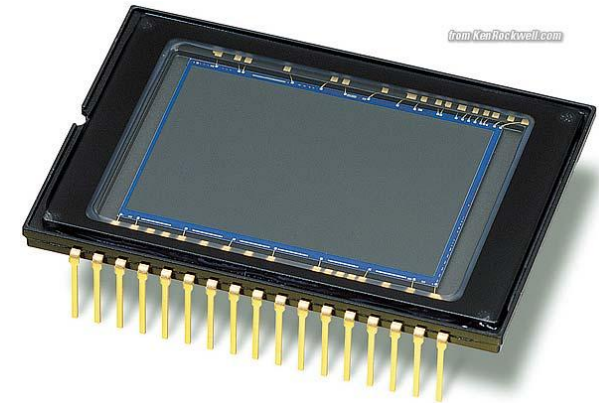
Senzori slike

Senzori u kamerama imaju ulogu pretvaranja svetlosnih informacija u električne signale koji se dalje obrađuju u cilju formiranja slike.

Srž svake kamere je senzor, i tip senzora koji se nalazi u fotoaparatu direktno utiče na kvalitet slike, stoga je neophodno opredeliti se za adekvatnu tehnologiju pre upuštanja u projekat.

U primeni su više vrste senzora:

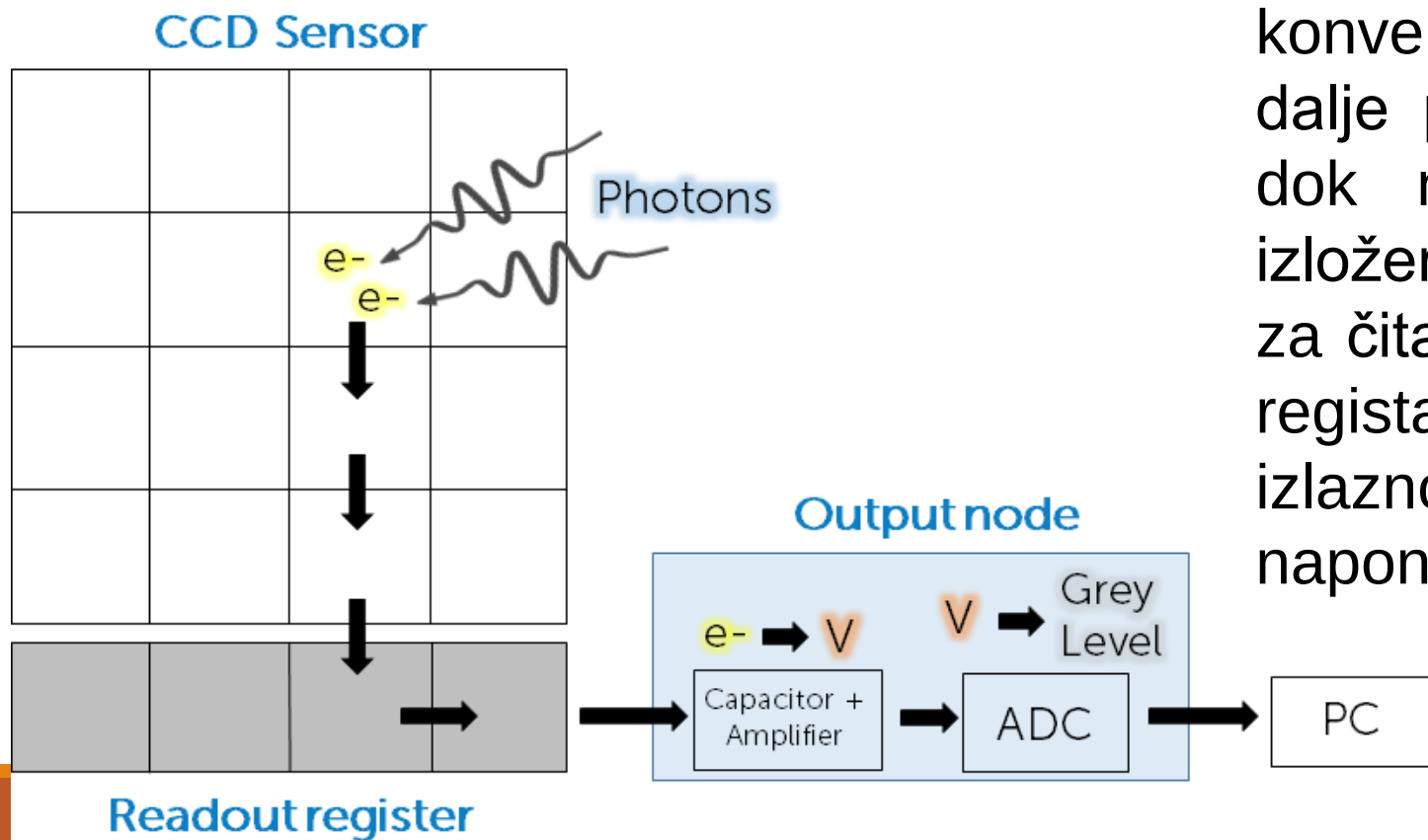
- **CCD**
- **EMCCD**
- **CMOS**
- **sCMOS**



CCD Senzori slike

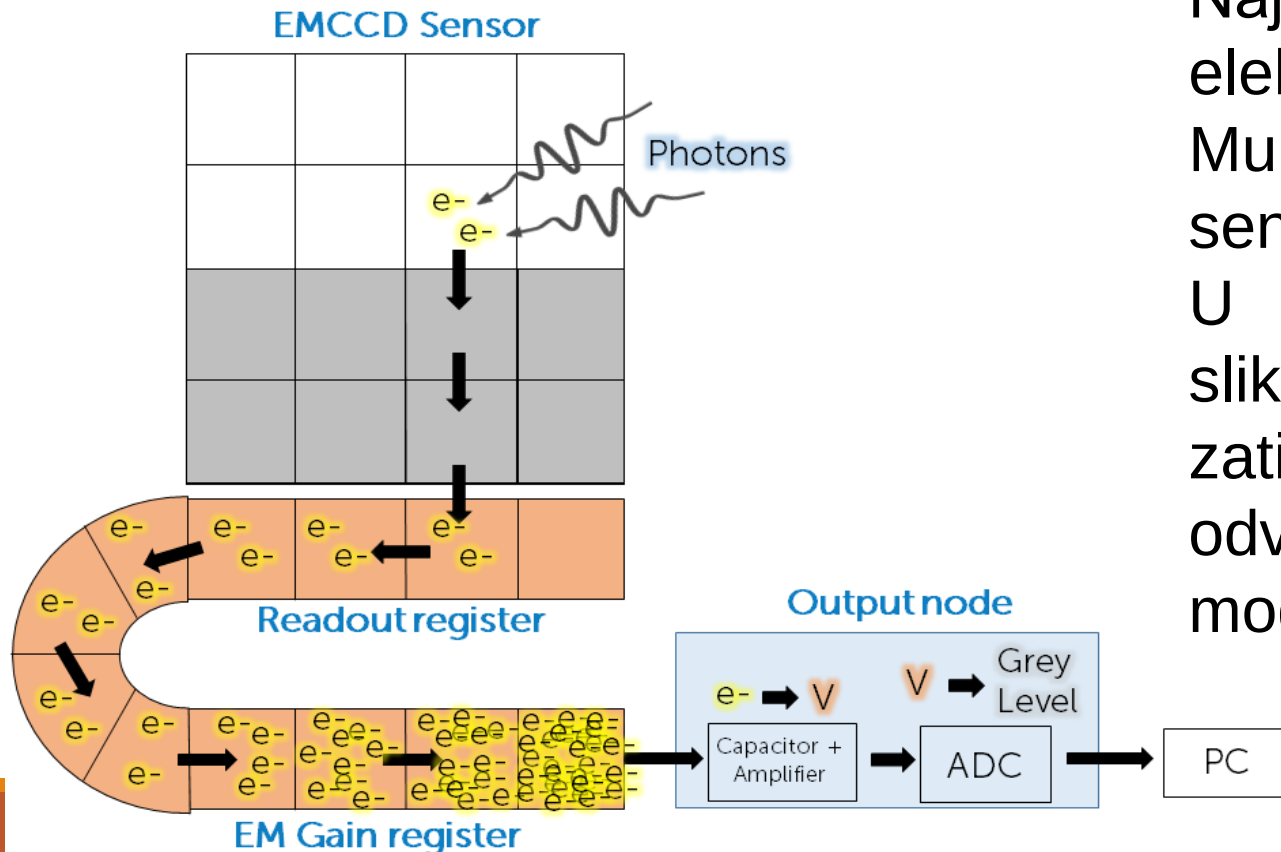
CCD ([engl. Charge Coupled Device](#)) je elektronski uređaj na čijoj se površini nalaze milioni fotosenzitivnih [dioda](#), poređanih u redove i kolone (poput [piksela](#) na monitoru računara).

Nakon izlaganja svetlu *CCD* senzor vrši konverziju fotona u fotoelektrone, koji se dalje pomeraju red po red na senzoru, dok ne stignu do oblasti koja nije izložena svetlosti, i ovo se naziva registar za čitanje. Kada se elektroni premeste u registar, pomeraju se **jedan po jedan** do izlaznog čvora, gde se pojačavaju u čitljiv napon i konvertuju u nivo sive boje.



EMCCD Senzori slike

Ova tehnologija pojavila se 2000. godine i pružala je brži i osjetljiviji senzor, pa je bilo moguće fotografisanje i u slabo osvetljenim prostorima. Kamere koje koriste ovu tehnologiju imaju pozadinsko osvetljenje što povećava kvantnu efikasnost i imaju veće piksele.

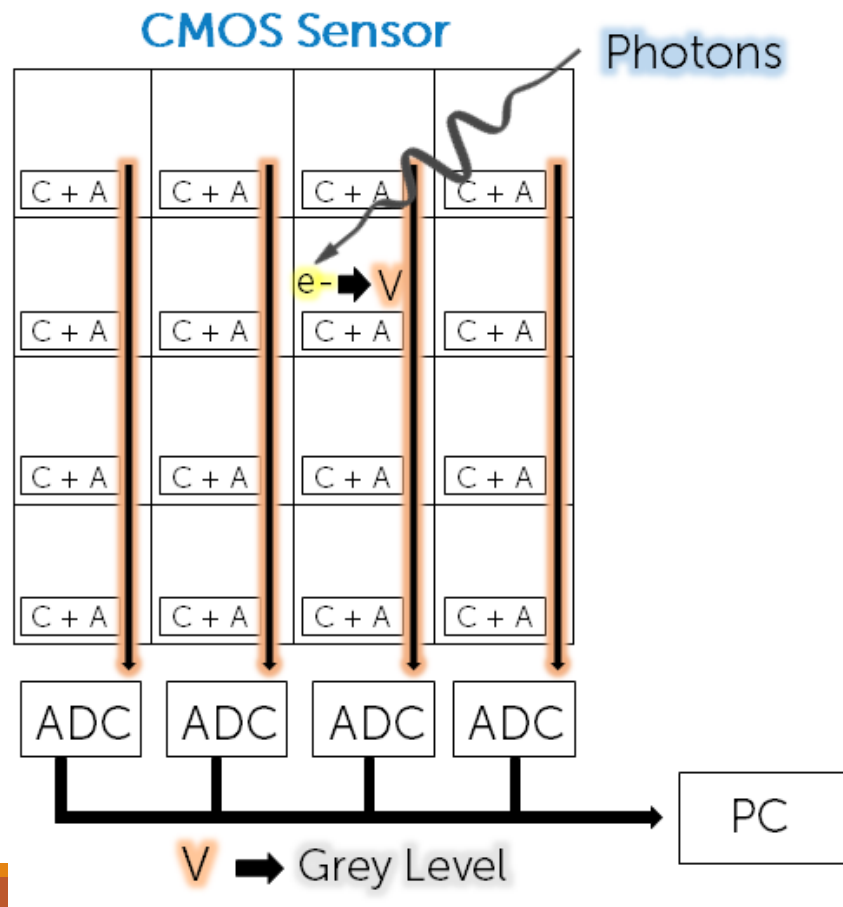


Najznačajnija inovacija jeste množenje elektrona (EM – eng. Electron Multiplication), koja omogućava CCD senzorima da povećaju signal malih fotona. U ovom slučaju, elektroni prelaze iz slikovne matrice u maskiranu matricu, a zatim u registar za čitanje. EM proces se odvija korak po korak, što znači da korisnici mogu izabrati vrednost množenja signala.

CMOS Senzori slike

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.

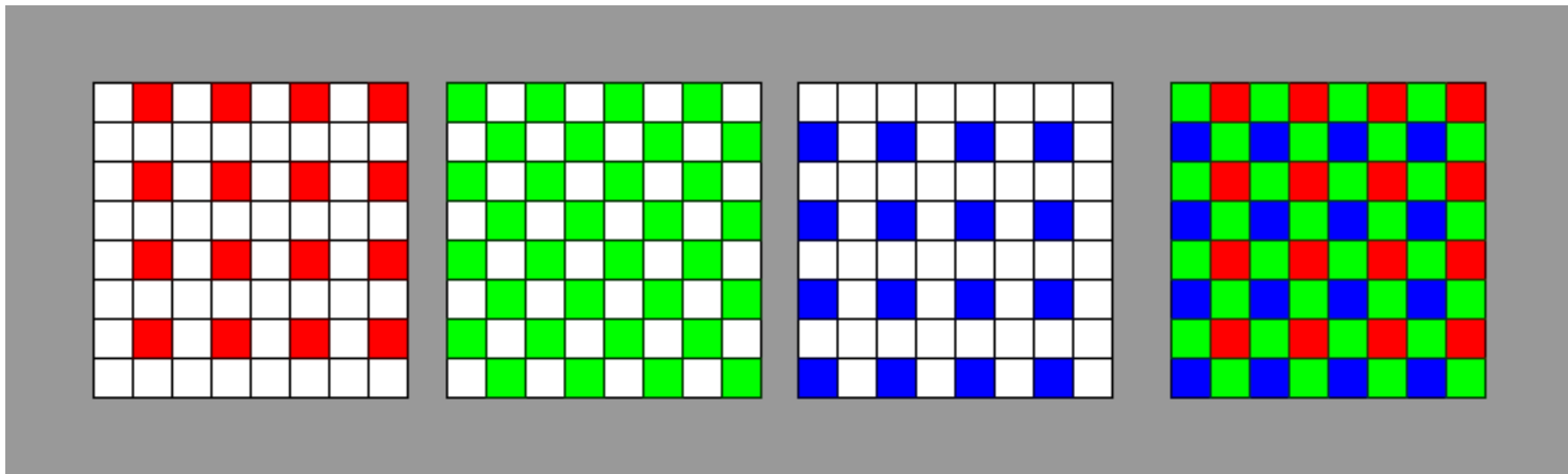


Za razliku od prethodnih tehnologija, ovde se koristi paralelizacija, što znači da senzori rade paralelno i omogućavaju velike brzine zapisa. Svaki piksel na senzoru poseduje minijaturnu elektroniku, tj. kondenzator i pojačavač.

Rezultat ove inovacije jeste mogućnost pretvaranja fotona u elektron unutar samog piksela, a potom i konverzije u čitljiv napon.

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 oštadini slike.



Senzori slike

- **Bayer-ov pattern (šablon)**

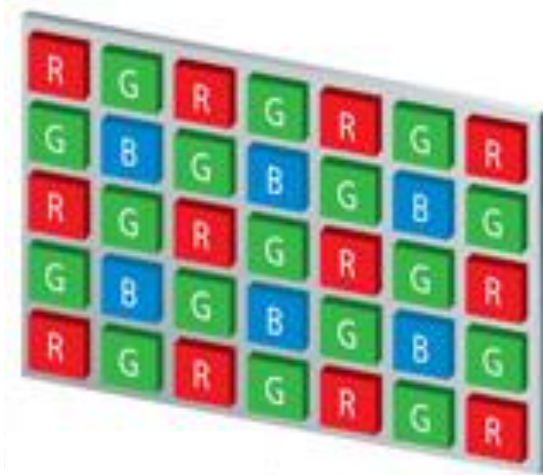
Dvostruko više zelenih filtera (u odnosu na crvene i plave) daje oštriju sliku.

50% zelena

25% plava

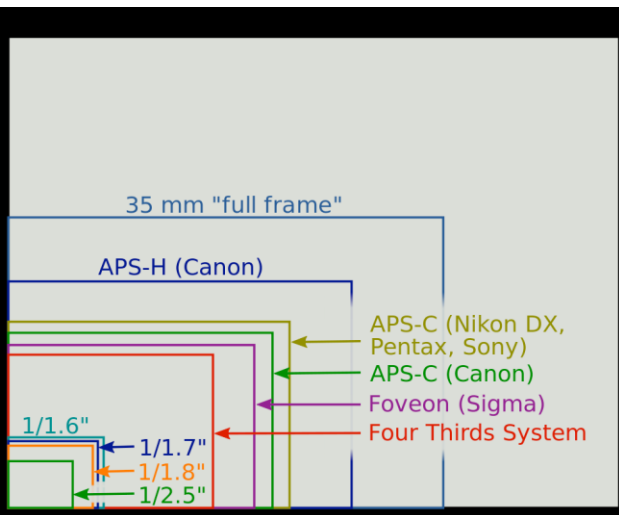
25% crvena

Ljudski vizuelni sistem je veoma osetljiv na visokofrekventne detalje u osvetljenosti.



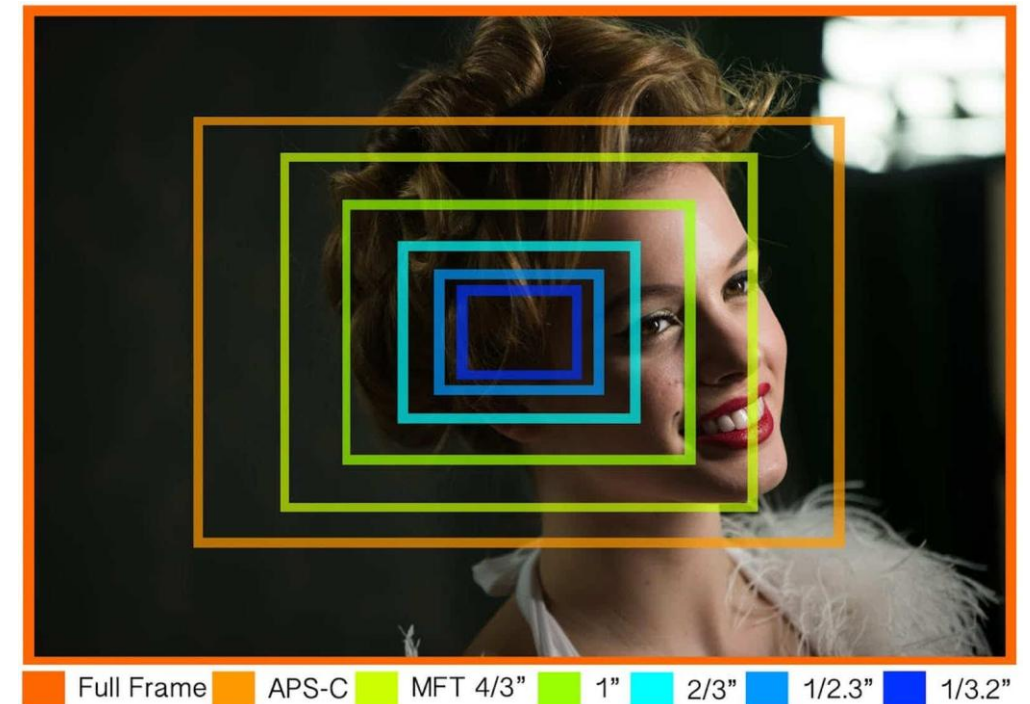
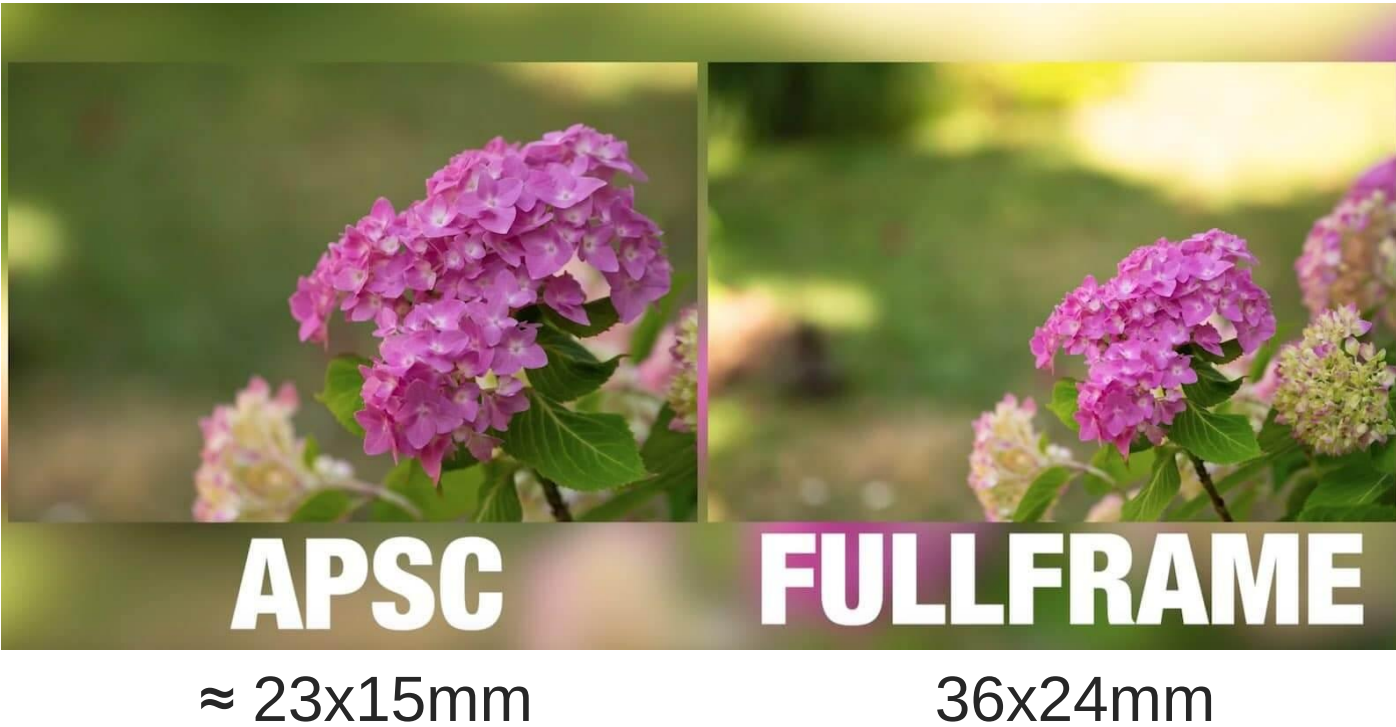
Veličina senzora slike

Veličina senzora je ključna za kvalitet slike u digitalnim kamerama jer direktno utiče na svetlosnu osetljivost, šum, dubinsku oštrinu, dinamički opseg i sposobnost za precizno snimanje detalja. Što je senzor veći, to je veća mogućnost za stvaranje visokokvalitetnih slika, naročito u uslovima slabog osvetljenja.



- Full-frame** (35mm senzor) – Najveći senzor koji se koristi u većini profesionalnih DSLR i mirrorless kamera. Pruža najlepše rezultate u svim aspektima kvaliteta slike, ali je skuplji.
- APS-C** – Manji senzor, prisutan u većini srednje klase DSLR i mirrorless kamera. Nudi odličan balans između cene i kvaliteta, ali sa nešto većim šumom pri slabom svetlu.
- Micro Four Thirds** – Još manji senzor, koji se koristi u manjim kamerama. Dobri su za kompaktnost i dug životni vek baterije, ali ima ograničenu svetlosnu osetljivost i manji dinamički opseg.

Veličina senzora slike



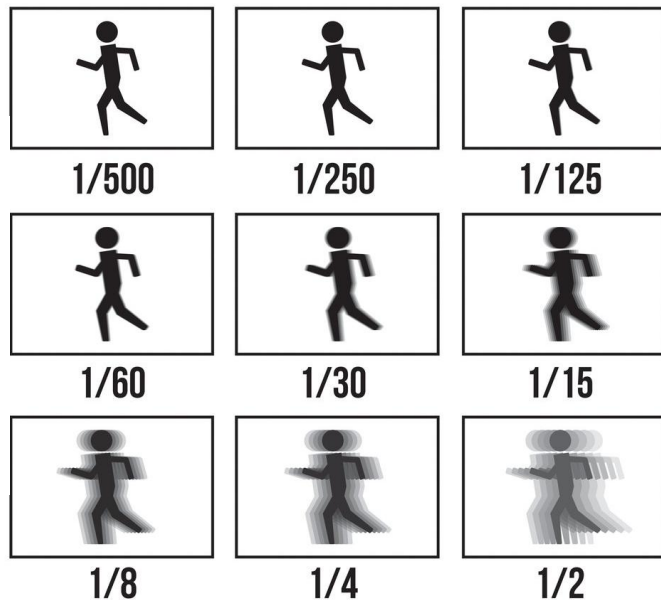
Brzina zatvarača (SHUTTER SPEED)

1/300

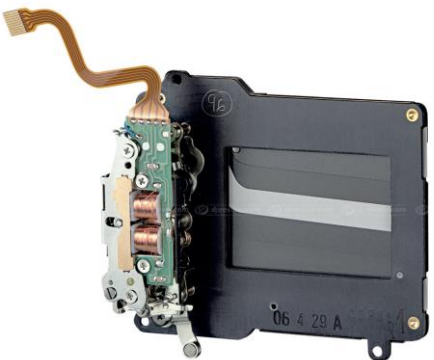
1/15



Brzina zatvarača definiše koliko dugo će senzor biti izložen svetlosti koja je prošla kroz objektiv i blendu. Ako se podesi velika vrednost izlaganja senzora svetlosti „spori zatvarač“ (zatvarač ostaje dugo otvoren) i ukoliko dođe do relativnog pomeranja kamere u odnosu na scenu fotografija koja će se snimiti biće zamućena.

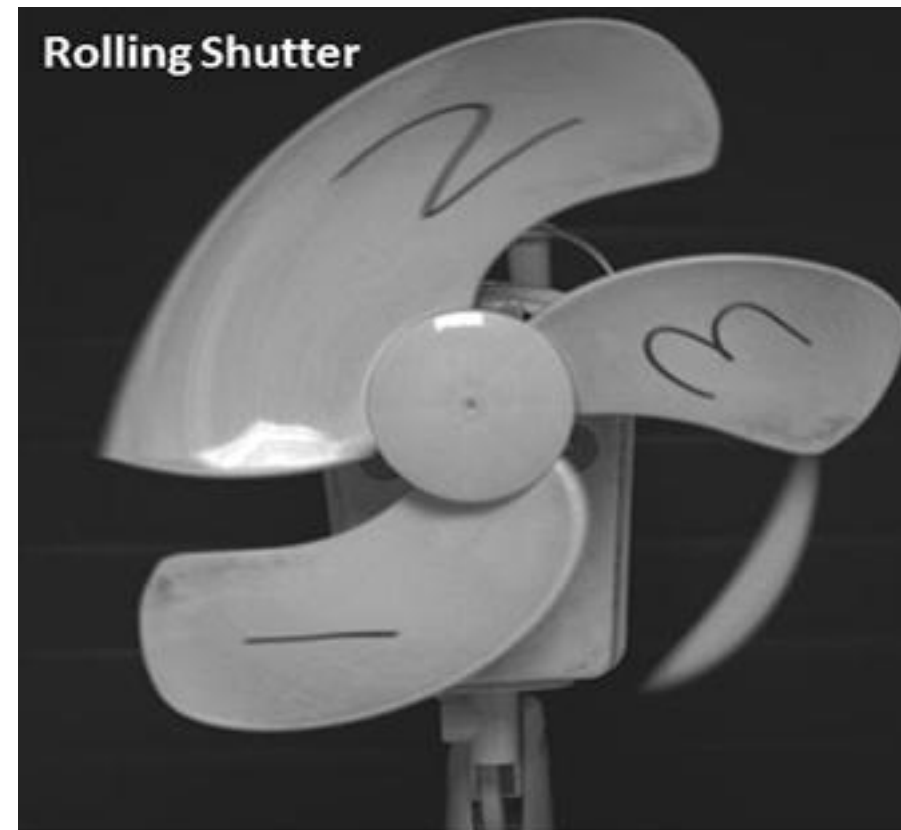


Takođe sa veoma kratkom vremenom izlaganja senzora svetlosti „brzi zatvarač“ moguće je snimiti veoma kvalitetno pokretne objekte pri dovoljnoj količini svetlosti.



Kotrljajući zatvarač (Rolling shutter)

- Zatvarač se “kotrlja” (pomera) preko površine senzora koji se izlaže svetlosti
- Pikseli u istoj liniji slike se snimaju u isto vreme
- Proizvodi izobličenja u slučaju brzog kretanja objekata ili kamere
- Često se nalazi u CMOS kamerama

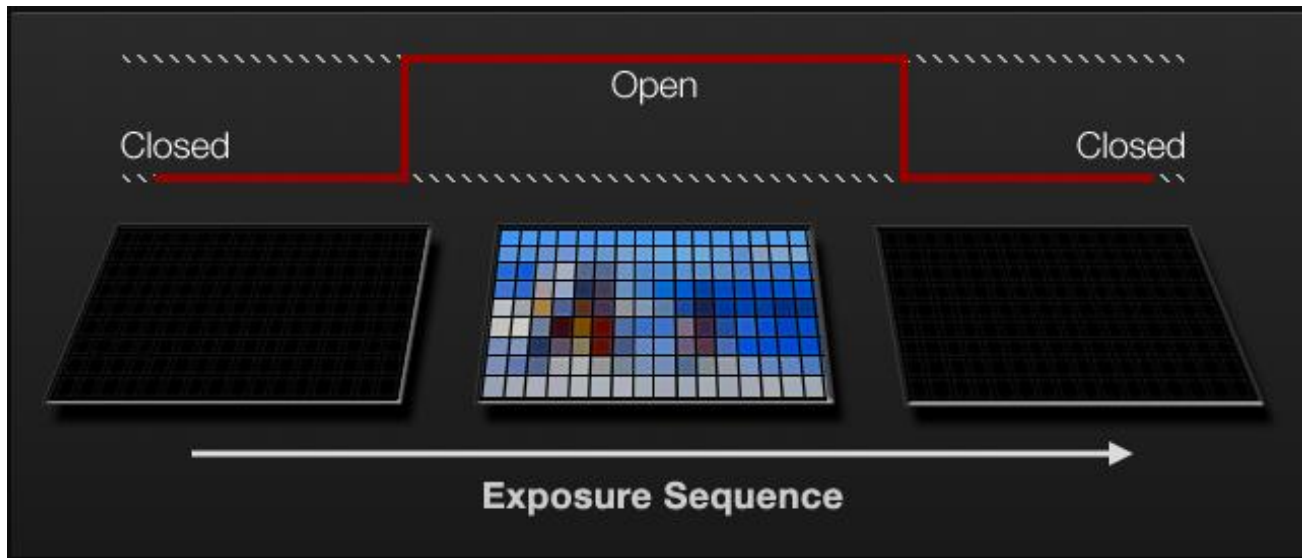


Rolling shutter effect



Globalni zatvarač (Global shutter)

- Cela slika se snima u isto vreme
- Bez izobličenja slike
- Poželjno za geometrijske rekonstrukcije
- Skuplji za proizvodnju



【Global Shutter】



【Rolling Shutter】



Blenda (APARTURE)

Blenda je otvor koji može da menja svoj prečnik, ali kada se jednom podesi treba da ostane konstantan tokom snimanja fotografija. Blenda definiše koliko će svetlosti koja prolazi kroz objektiv stići do senzora. Otvor blende obeležava se F brojem. Što je F broj veći otvor blende je manji i obrnuto. Veliki otvor blende implicira svetlijoj fotografiji i obrnuto.

Sa manjim otvorom blende prilikom fotografisanja oštarih ivica na predmetu može da se javi efekat difrakcije.



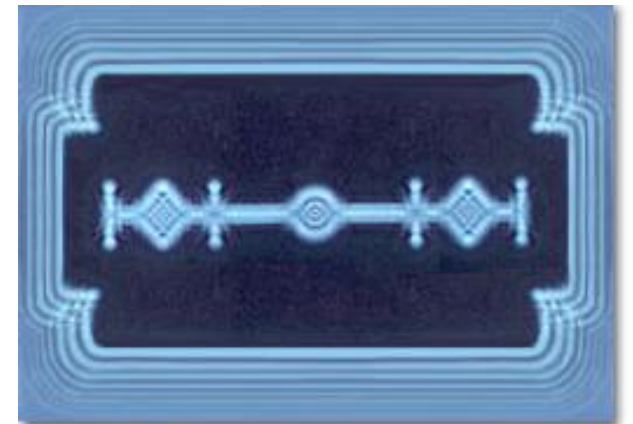
VELIK OTVOR BLENDE
(ulazi mnogo svetlosti)
 $f/2$



SREDNJI OTVOR BLENDE
(srednja količina svetlosti)
 $f/8$



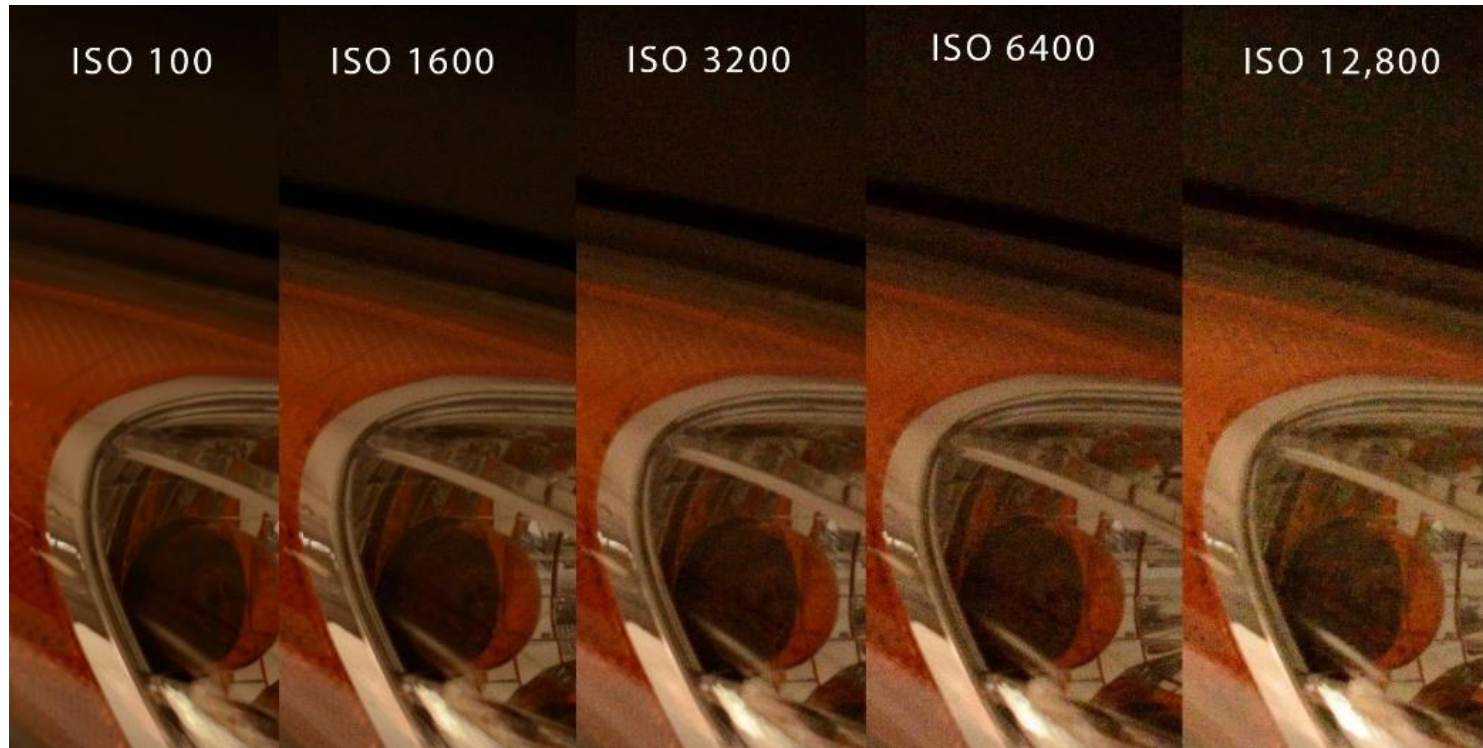
MALI OTVOR BLENDE
(ulazi malo svetlosti)
 $f/22$



Efekat difrakcije

ISO osetljivost

ISO osetljivost je standardizovana vrednost čijim se podešavanjem određuje osvetljenost fotografija. **ISO osetljivost predstavlja osetljivost senzora na svetlost.** Uz istu brzinu zatvarača i otvor blende, ali s povećanom ISO osetljivošću, dobija se svetlija fotografija i obrnuto. Povećanjem ISO osetljivosti dolazi do jedne neželjene pratne pojave, a to je nastanak elektronskog šuma koji narušava kvalitet fotografije.



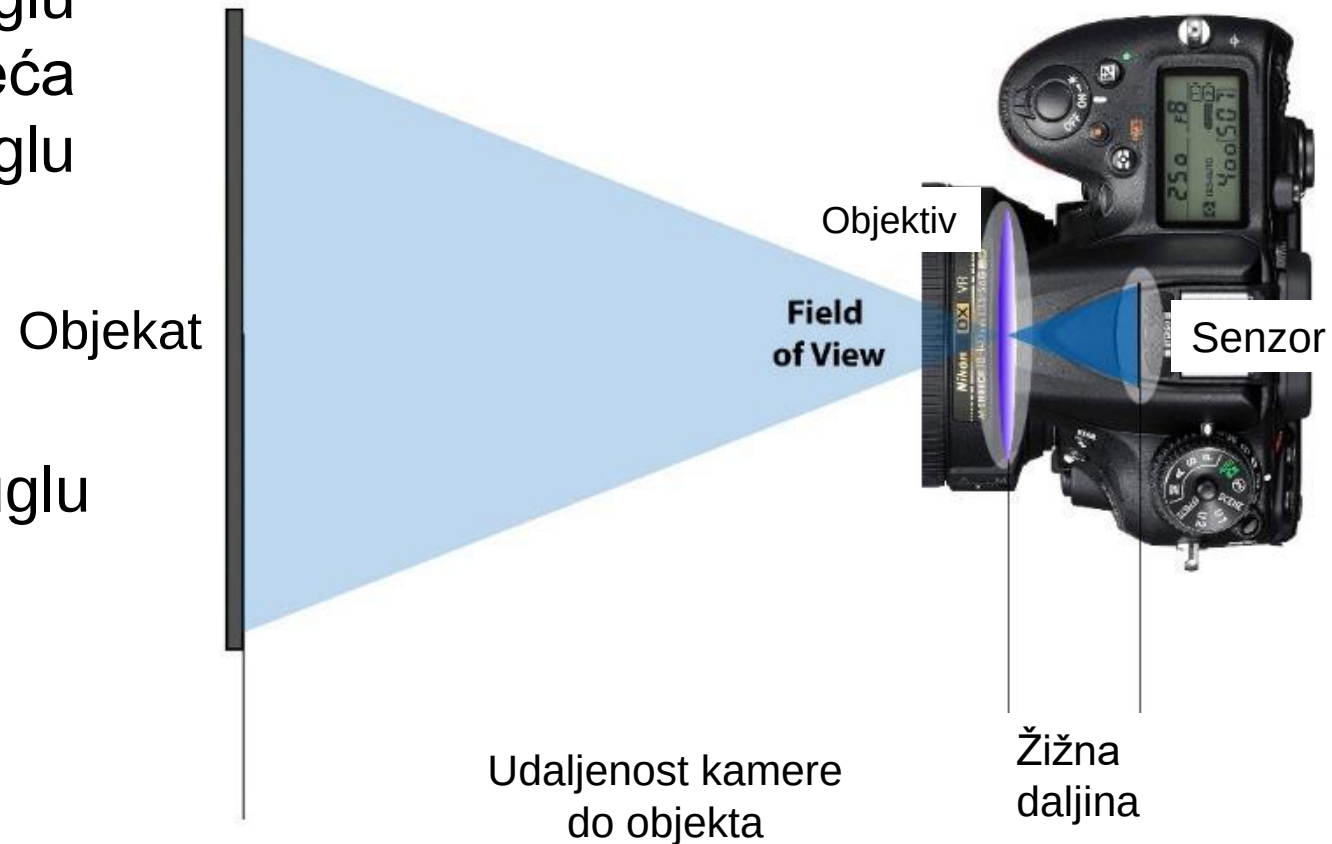
Vidno polje kamere (field of view)

Vidno polje kamere određuje žižna daljina objektiva i veličina senzora kamere.

Manja žižna daljina implicira većem uglu gledanja i većem vidnom polju, dok veća žižna daljina implicira manjem uglu gledanja i efektu “zumiranja”.

Objektivi se generalno prema uglu gledanja mogu podeliti na:

- širokougaone objektivne $< 50\text{mm}$
- normalne objektivne $= 50\text{mm}$
- zum objektivne $> 50\text{mm}$

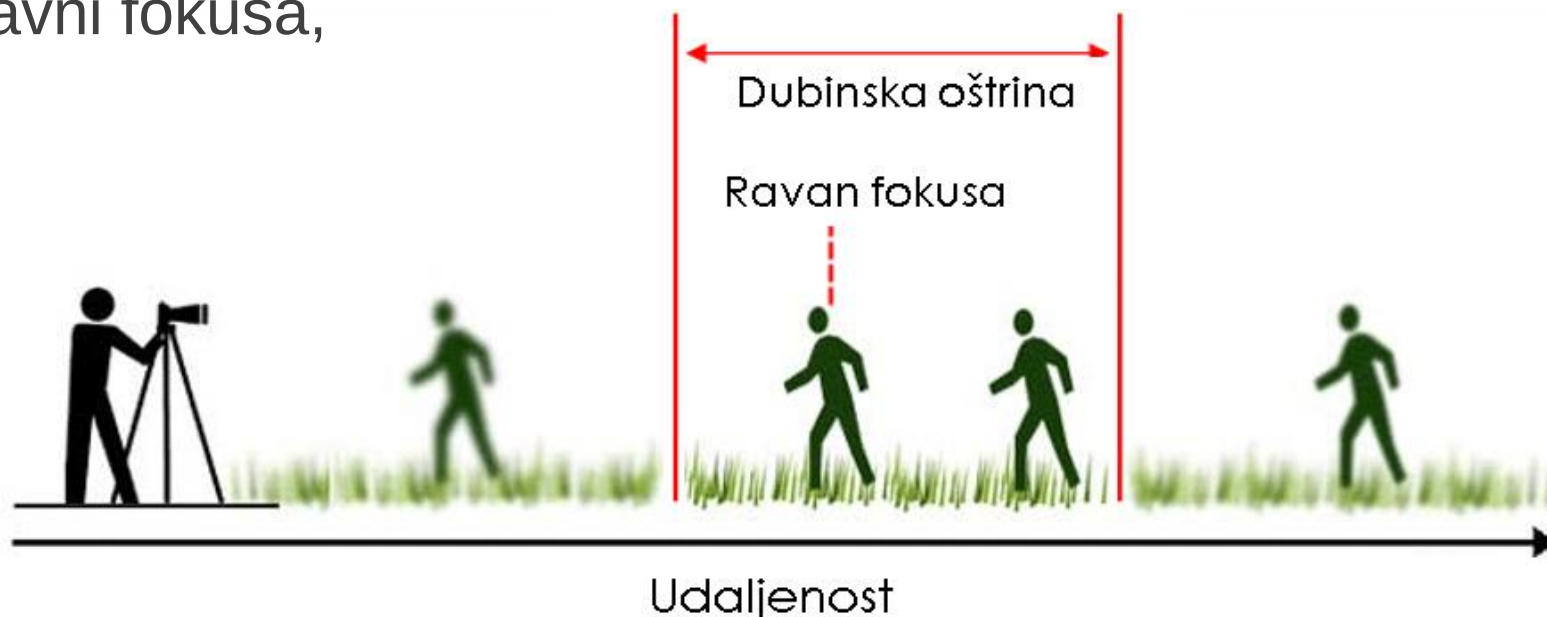


Polje dubinske oštine (depth of field)

Polje dubinske oštine je prostor ispred i iza ravni fokusa u kom se objekat nalazi sa prihvatljivom oštrinom. Za manje udaljenosti kamere i ravni fokusa polje se prostire jednako ispred i iza ravni fokusa, dok se kod većih udaljenosti polje prostire u odnosu 1/3 ispred i 2/3 iza ravni fokusa.

Veličina polja dubinske oštine zavisi od:

1. žižne daljine objektiva,
2. udaljenosti kamere do ravni fokusa,
3. otvora blende.



F1.4

Polje
dubinske
oštine

Rastojanje do fokusne ravni

**F5.6**

Polje
dubinske
oštine

Rastojanje do fokusne ravni

**F16**

Polje
dubinske
oštine

Rastojanje do fokusne ravni



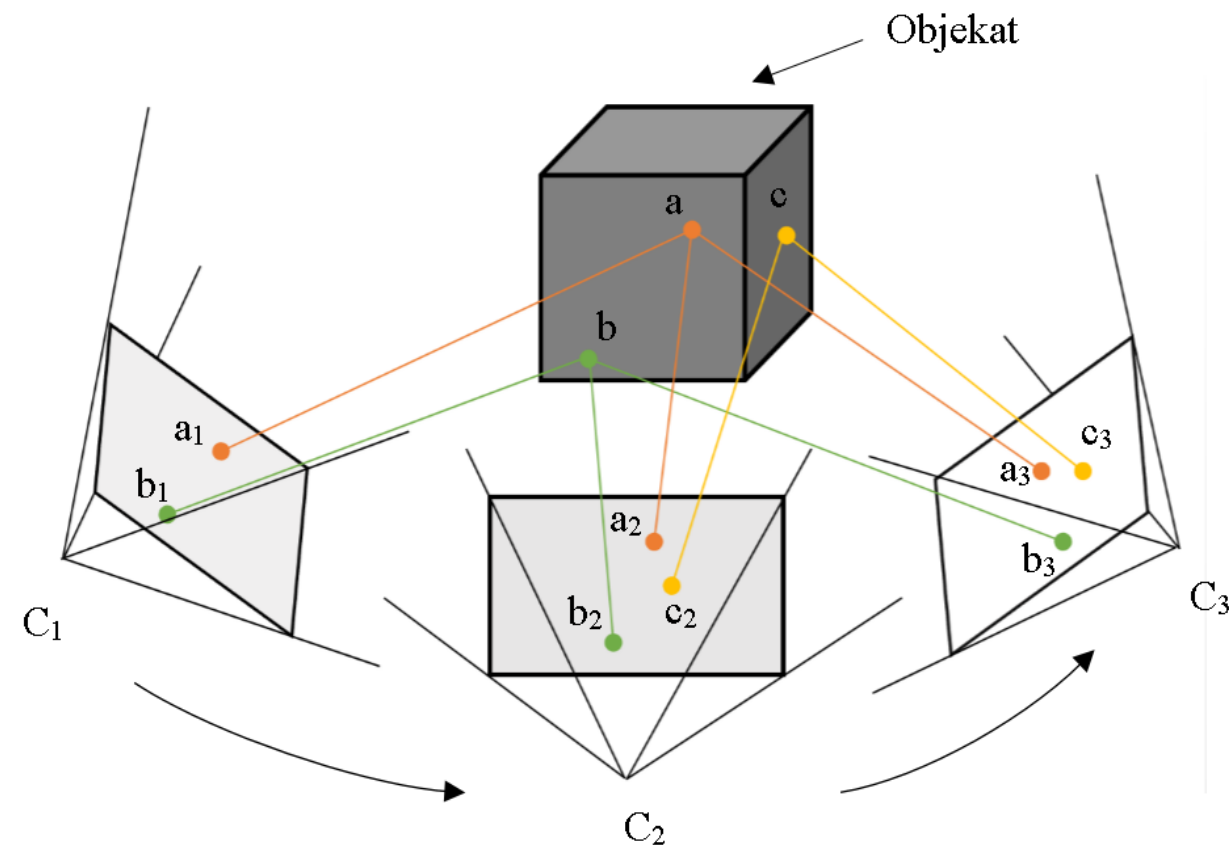
Polje dubinske oštine

Kod fotogrametrijskog snimanja fotografija, objekat 3D digitalizacije mora da se nalazi u polju dubinske oštine.

Ukoliko je objekat delimično ili potpuno van polja dubinske oštine prilikom softverske obrade fotografija doći će do greške prilikom rekonstrukcije usled netačnog detektovanja karakterističnih tačaka.

Veći otvor blende (manji F broj) implicira manjem polju dubinske oštine i obrnuto.

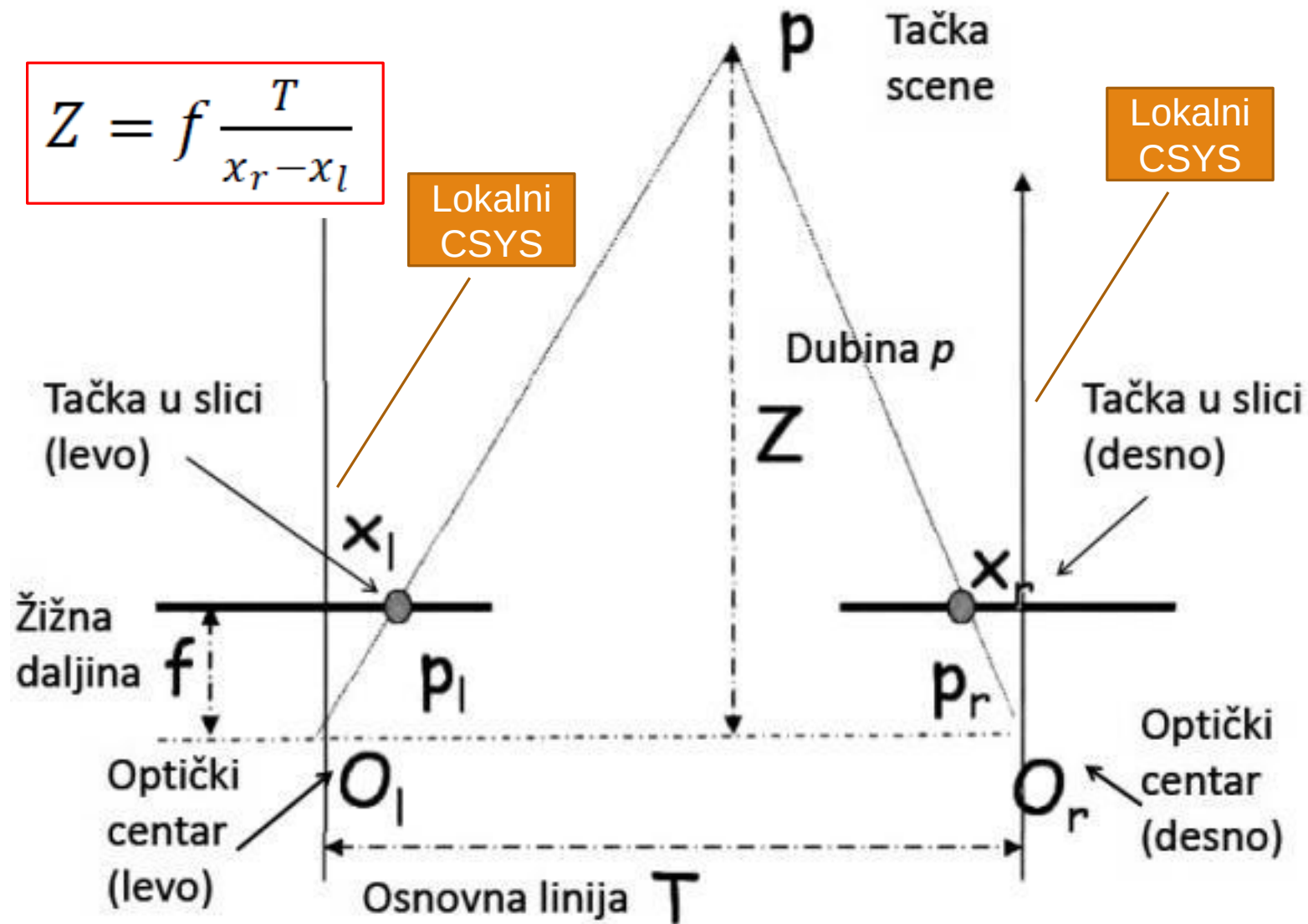
Opšti princip fotogrametrije



Za rekonstrukciju karakterističnih tačaka koje pripadaju površini nekog trodimenzionalnog objekta (tačke a, b i c) nije dovoljna samo jedna fotografija, već su potrebne najmanje dve snimljene fotografije sa dve različite pozicije, pod uslovom da se na fotografijama vide ista karakteristična obeležja-tačke koja se nalaze na objektu.

Primer: Tačka a će se rekonstruisati preko fotografije C_1 , C_2 i C_3 , dok će se tačka c rekonstruisati samo pomoću fotografija C_2 i C_3 .

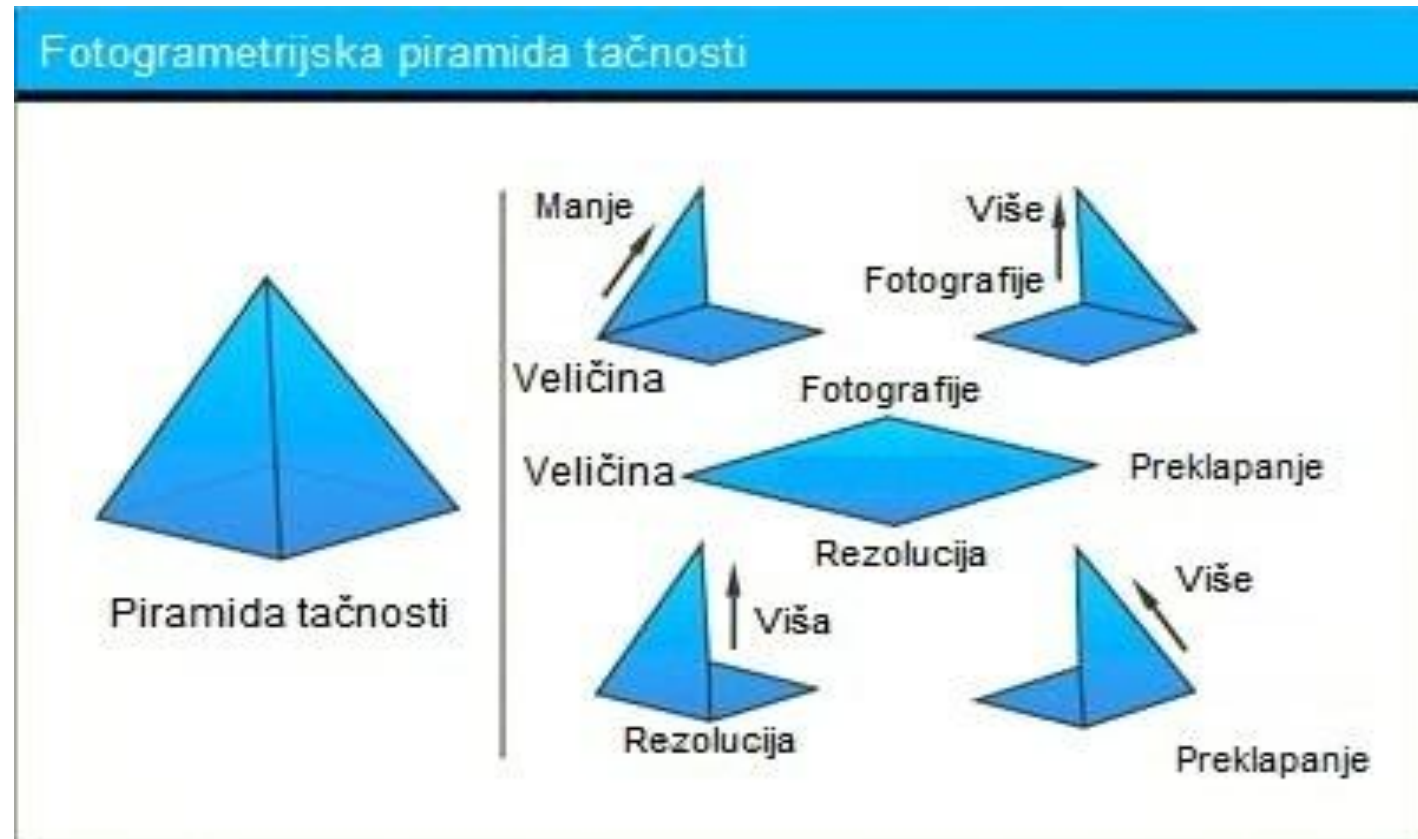
Opšti princip fotogrametrije



U ovom slučaju su optičke ose paralelne.

Uticajni faktori na tačnost fotogrametrije

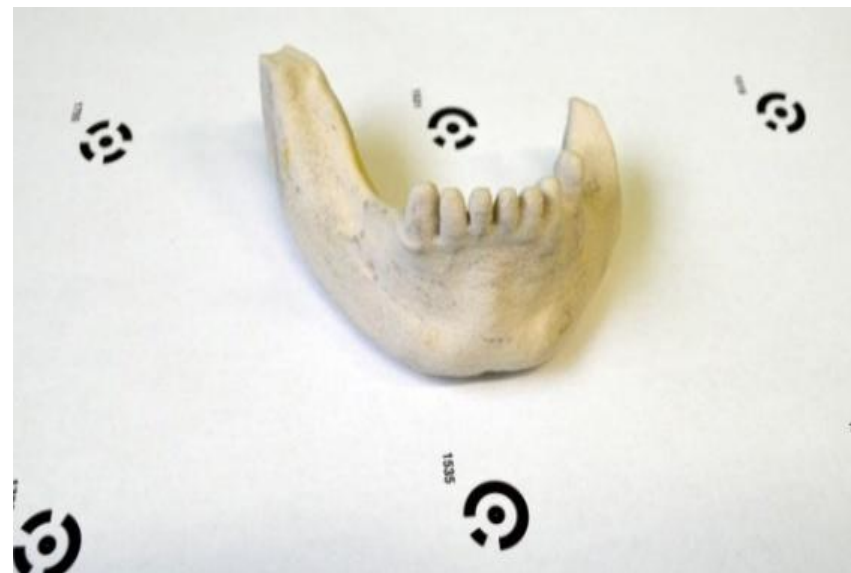
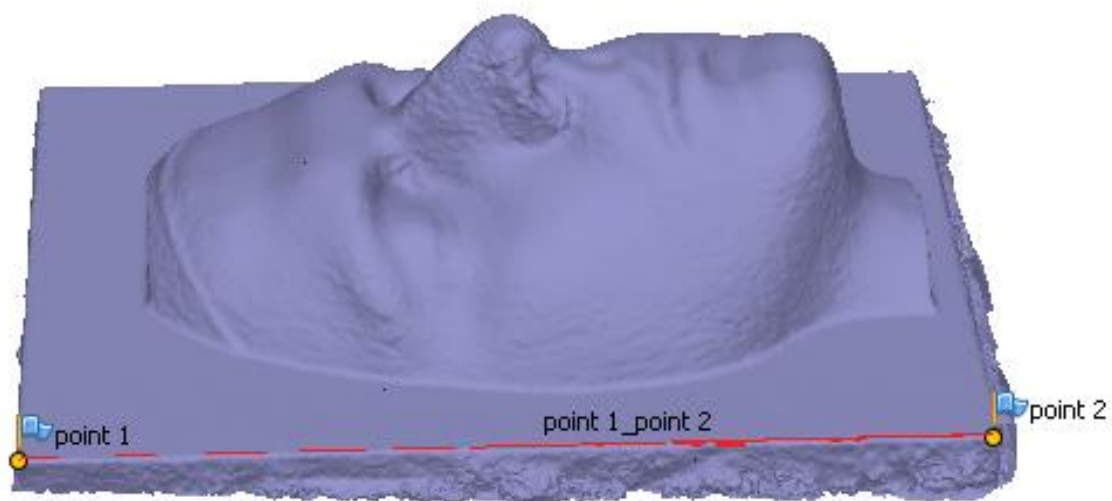
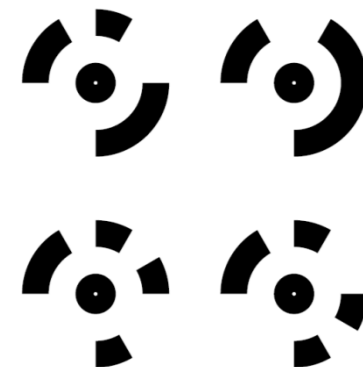
1. Veličina objekta koji se digitalizuje
2. Broj (parova) fotografija
3. Višestruka pokrivenost objekta - preklapanje fotografija
(isti delovi objekta vidljivi na 2 i više fotografija)
4. Rezolucija fotografija

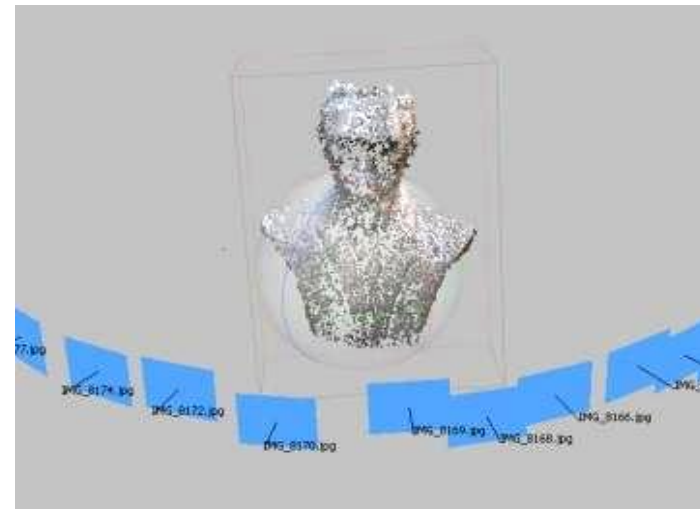
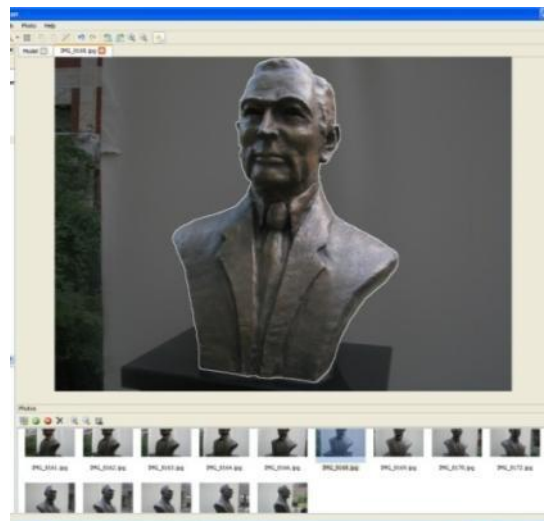


Skaliranje modela

Dva pristupa za skaliranje (dimenzionisanje) 3D modela:

- 1) preko dimenzionisanih obeležja na predmetu i
- 2) pomoću kodiranih markera.





3D model sa teksturom >>>

3D model>>>



