

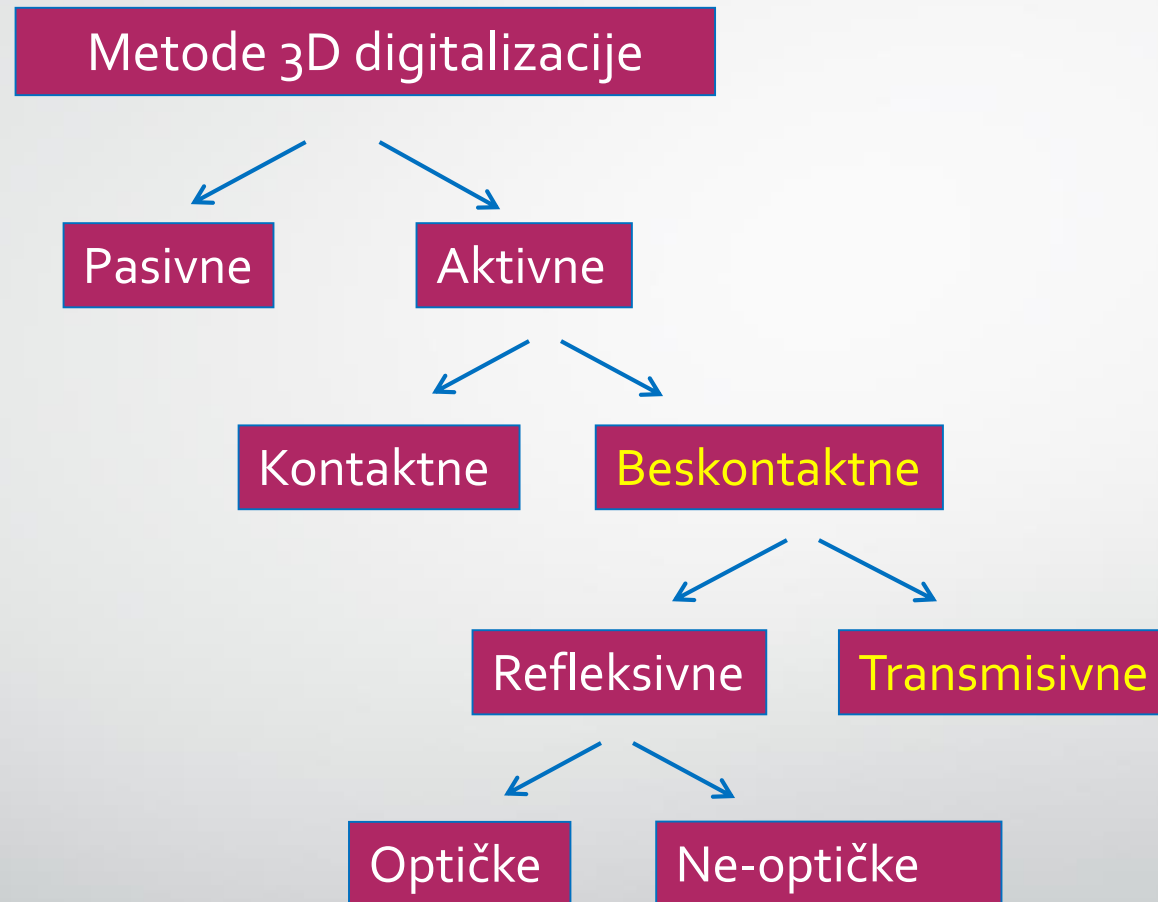


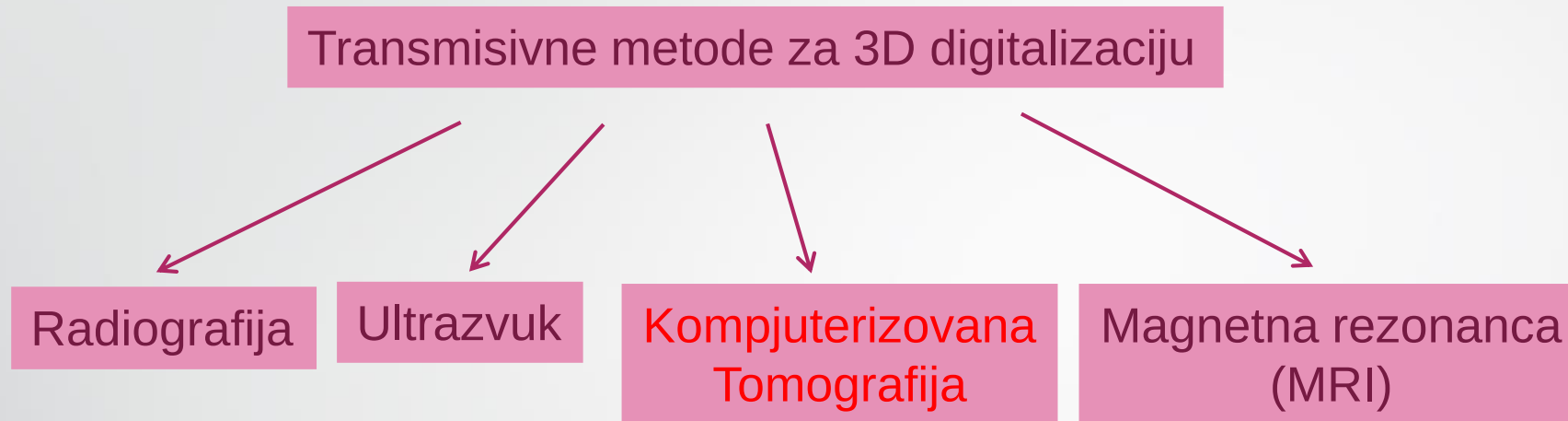
Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

DIZAJN I IZRADA IMPLANATA I MEDICINSKIH MODELA

TRANSMISIVNE METODE 3D DIGITALIZACIJE

Vanr. prof. dr Mario Šokac





- Transmisivne metode detektuju atenuaciju (slabljenje) emitovanog signala
- nakon prolaska kroz objekat koji se 3D digitalizuje.

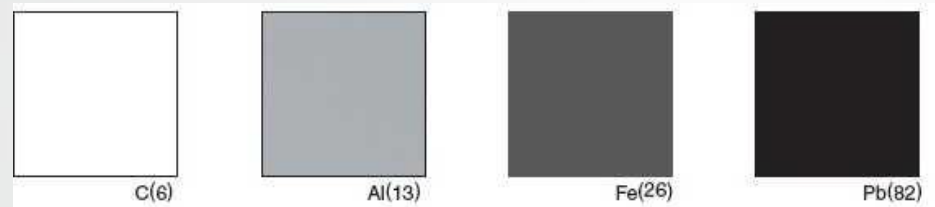
Digitalna radiografija (radiografija u realnom vremenu)

- Postavlja se radni predmet između izvora rendgenskog X-zraka i detektora i stvara se senka.
- Senku hvata rendgenska kamera da bi se stvorila rendgenska slika.
- Geometrijsko uvećanje u tom trenutku zavisi od udaljenosti od rendgenskog izvora do radnog predmeta i udaljenosti od generatora do rendgenske kamere.
- Nijansa sive boje je uglavnom povezana sa količinom prodiranja rendgenskih X-zraka.

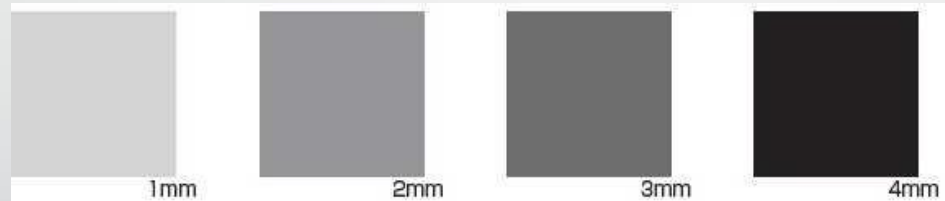


Digitalna radiografija (radiografija u realnom vremenu)

- Jačina prenosa rendgenskih zraka određena je sledećim faktorima:
- 1. Više rendgenskih zraka je blokirano kako se atomski broj i gustina objekta povećavaju.

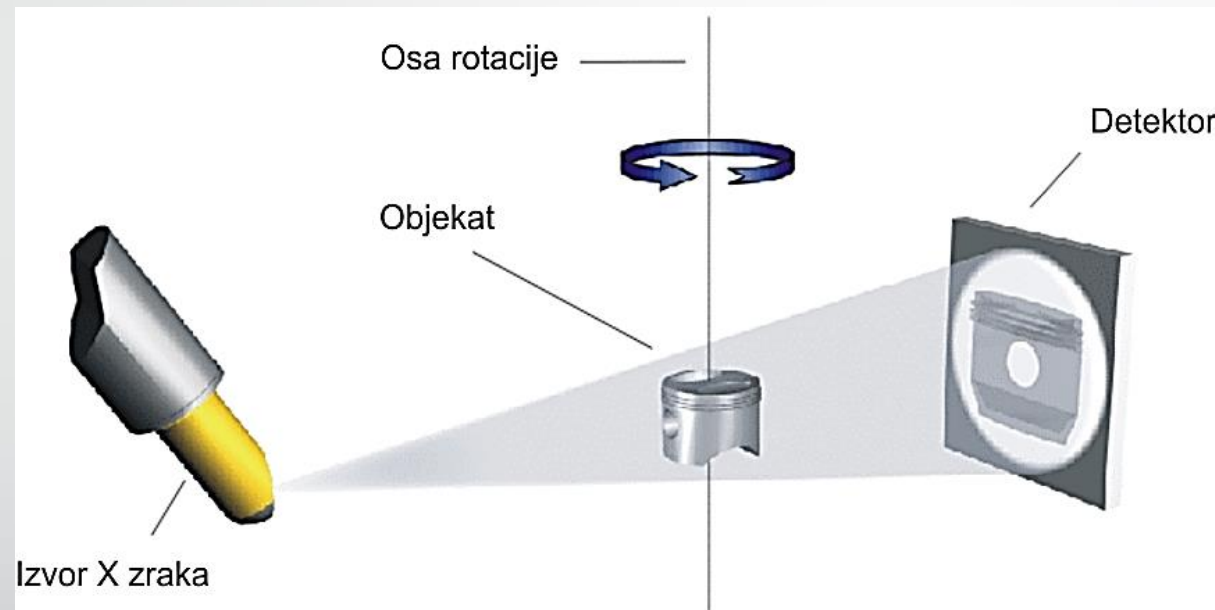


- 2. Više rendgenskih zraka je blokirano kako se debljina povećava.



- 3. Intenzitet rendgenskog zraka se određuje naponom cevi (V) i strujom cevi (A).
 - Povećanje napona cevi skraćuje talasnu dužinu rendgenskih zraka i olakšava prenos.
 - Povećanje struje u cevi povećava dozu i intenzitet generisanih rendgenskih zraka.

Princip rada CT sistema

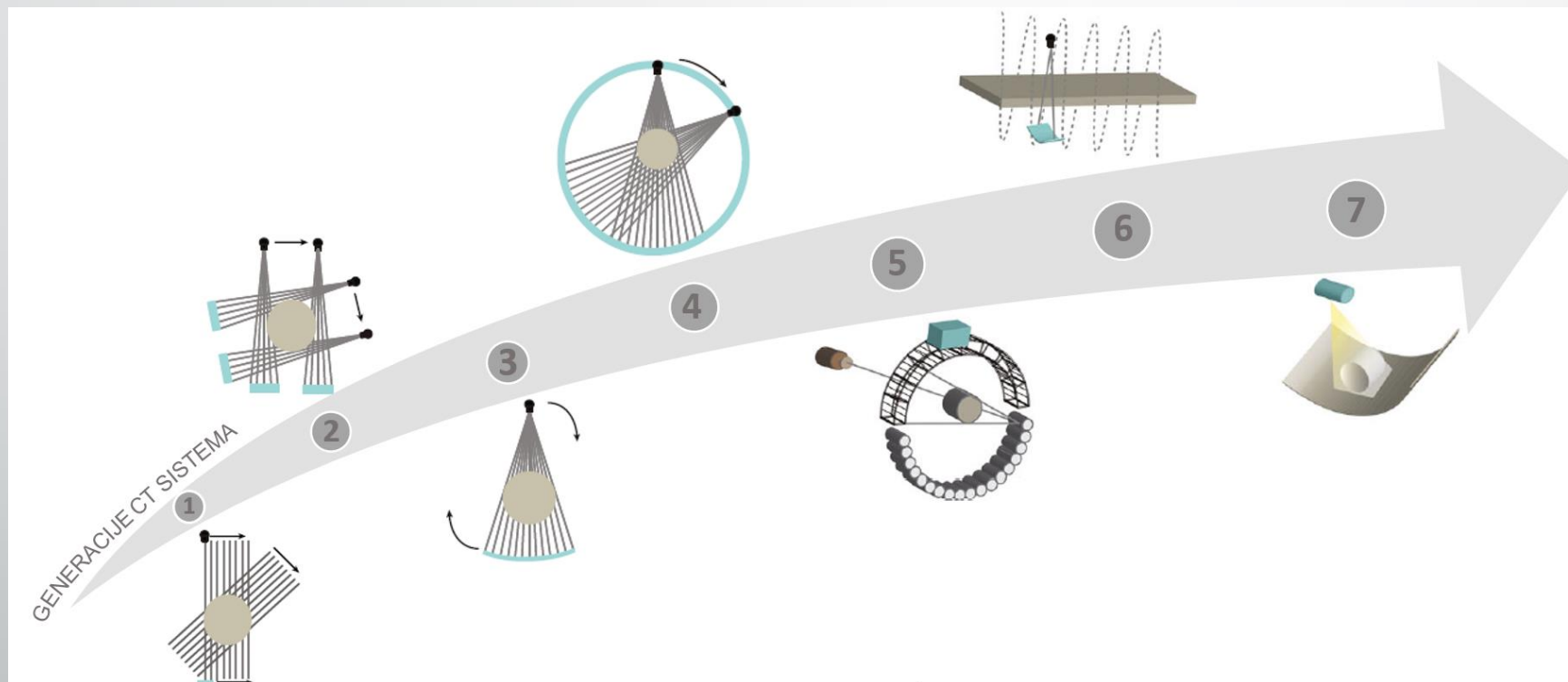


Princip rada Cone Beam kompjuterizovane tomografije

Istorijski razvoj CT sistema

snop X-zraka u obliku lepeze
koji pomera detektorski
prsten dok se izvor rotira

helikoidni
(ili spiralni) CT



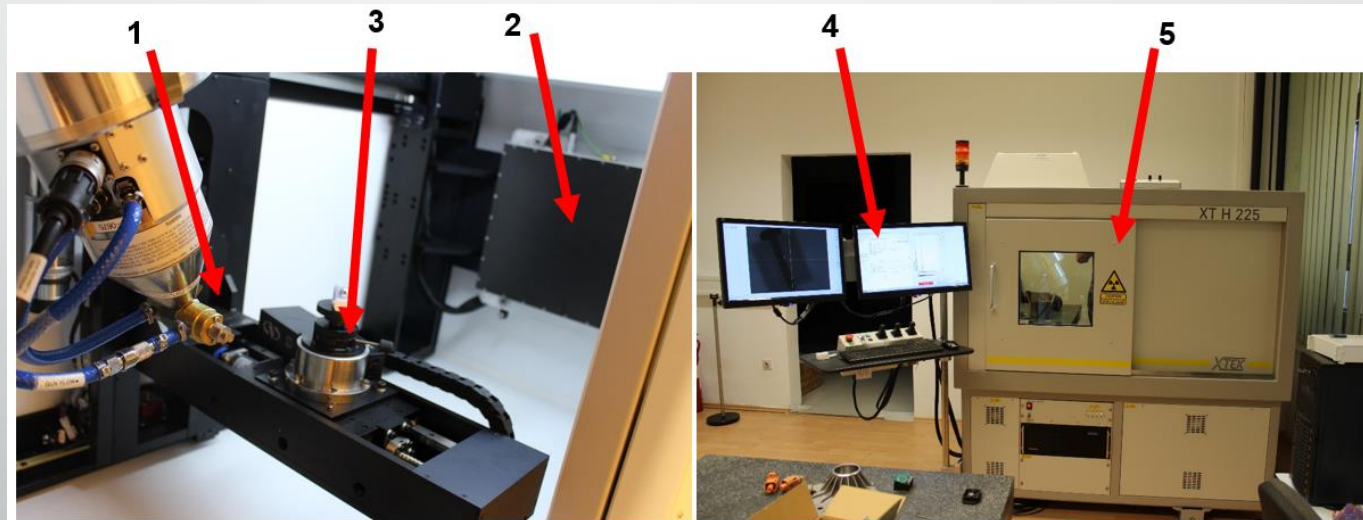
linijski snop
(engl. *pencil*
beam)

Podela CT sistema

- Postoje različiti tipovi CT sistema koji se danas primenjuju, a klasifikuju se u sledeće kategorije:
 - **Medicinski CT**
 - rendgen jedinica (koja nosi izvor i detektor X-zraka) kontinualno rotiraju oko objekta ili pacijenta (koji ostaje nepokretan)
 - generišu se tomografski snimci koji predstavljaju 2D snimke/slajsove/kriške skeniranog tela.
 - **Industrijski CT za analizu materijala**
 - fundamentalno se razlikuju od medicinskih CT sistema.
 - objekat rotira u pravcu X-zraka, a izvor X-zraka i detektor ostaju stacionarni.
 - doza zračenja nije kritična po objekat, primenjuje se veći nivo zračenja nego kod medicinskih CT skenera.
 - **CT za primenu u dimenzionalnoj metrologiji**
 - dimenzionalna merenja se izvode na digitalizovanom 3D modelu
 - akvizicija podataka (2D CT snimci) i njihova naknadna evaluacija može da se izvrši bilo gde i bilo kada.
 - kod dimenzionalne metrologije posebna pažnja se posvećuje tačnosti i ponovljivosti rezultata merenja.

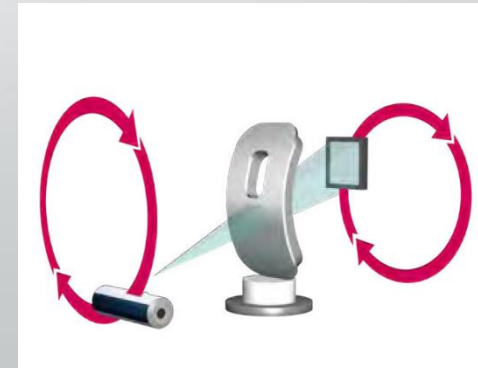
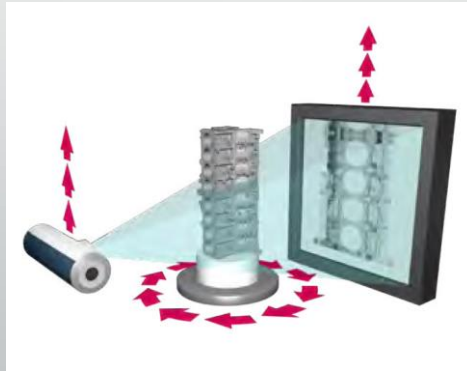
Osnovne komponente

- Večina industrijskih CT sistema se sastoji od nekoliko glavnih komponenti, a to su:
- 1. Izvor X-zraka (rendgenska cev)
- 2. Detektor
- 3. Manipulacioni sistem (obrti sto)
- 4. Računarska podrška
- 5. Zaštita od radijacije
- 6. Sistem za hlađenje



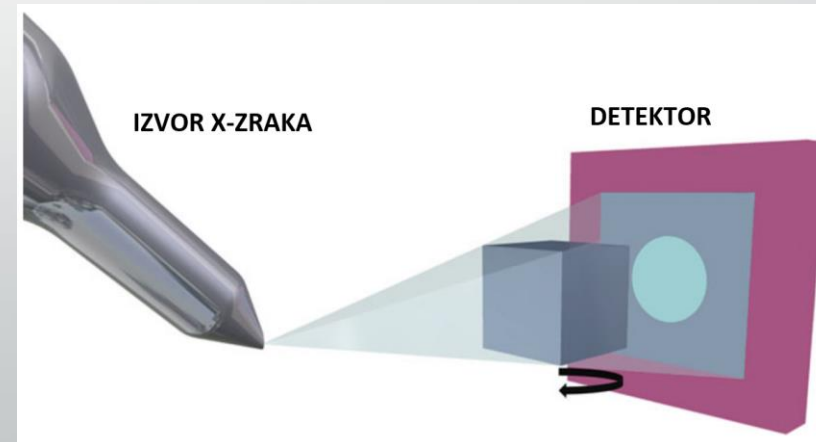
Klasifikacija CT sistema prema obliku snopa X-zraka

- Prema obliku snopa X-zraka, industrijski CT sistemi se uopšteno mogu podeliti na:
 - CT sistemi snopa X-zraka u obliku lepeze (engl. fan beam CT) i
 - CT sistemi konusnog snopa X-zraka (engl. cone beam CT),
- Takođe se danas koriste i različite izvedbe CT sistema baziranih na nekom od ova dva oblika snopa X-zraka, a to su:
 - Spiralno (helikoidno) CT snimanje i
 - CT laminografija.



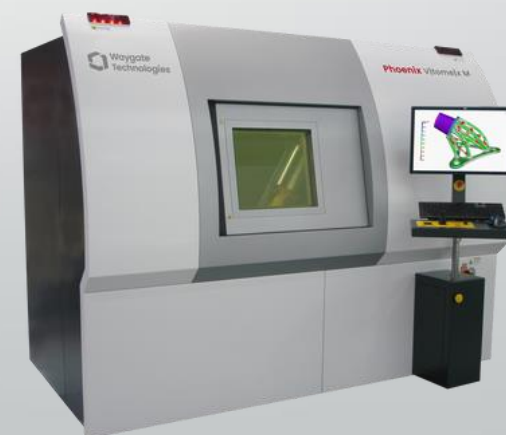
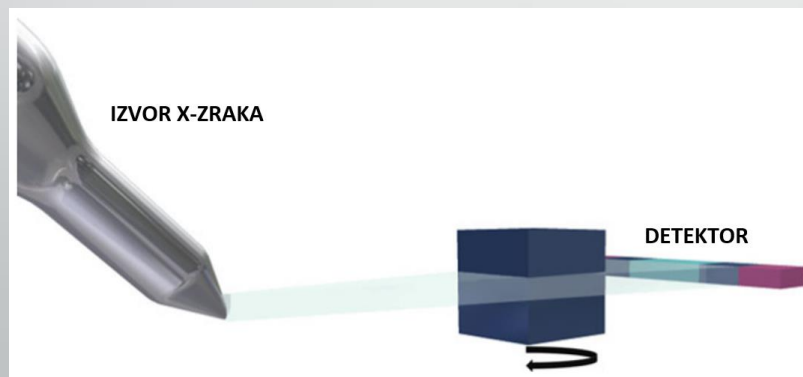
CT sistemi konusnog snopa X-zraka

- Obezbeđuju izotropno uvećanje zone snimanja i kraće vreme snimanja (brži su).
- Omogućavaju generisanje trodimenzionalnih podataka u velikoj rezoluciji i visoke dimenzionalne tačnosti gde koriste usmereni izvor X-zraka koji proizvodi snop u obliku konusa.
- Snop X-zraka koji zatim vrši potpunu ili delimičnu rotaciju oko objekta proizvodeći niz tomograma (diskretnih slika planarnih projekcija) pomoću digitalnog detektora



CT sistemi snopa X-zraka u obliku lepeze

- Izvor rendgenskih X-zraka emituje X-zrake u vidu lepeze koji prolaze kroz objekat koji se skenira i koji se prikupljaju na detektoru.
- Prikupljanje podataka o objektu u vidu spiralne putanje.
- Sporiji od skenera sa konusnim snopom X-zraka
- Kod ovog tipa snopa X-zraka ne nastaju neke vrste artefakata, za razliku od CT sistema sa konusnim snopom X-zraka.
- Mogu da proizvedu podatke skeniranja veće tačnosti.



Klasifikacija CT sistema u zavisnosti od veličine objekta:

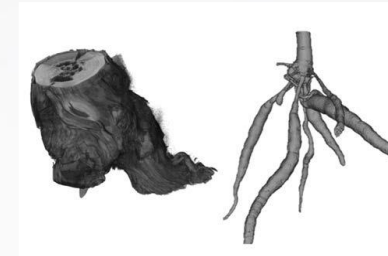
- Klasifikacija CT sistema u zavisnosti od veličine objekta se deli na:
 - XXL CT
 - Genti (rotirajući) CT sistemi
 - Makro CT
 - Dualni/dvoenergetski CT sistemi
 - 4D CT
 - Mikro (μ) CT
 - Submikronski (nano) CT
 - Nano CT baziran na SEM* tehnologiji

*skenirajuća elektronska mikroskopija (eng. *Scanning Electron Microscopy – SEM*)

- XXL CT



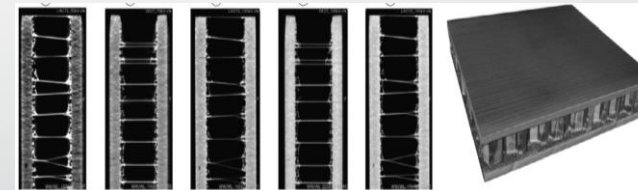
- Gentry (rotirajući) CT sistemi



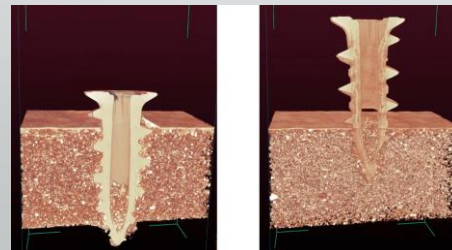
- Makro CT (uz dodatak robotske ruke ili linijske CT inspekcije – engl. *inline*)



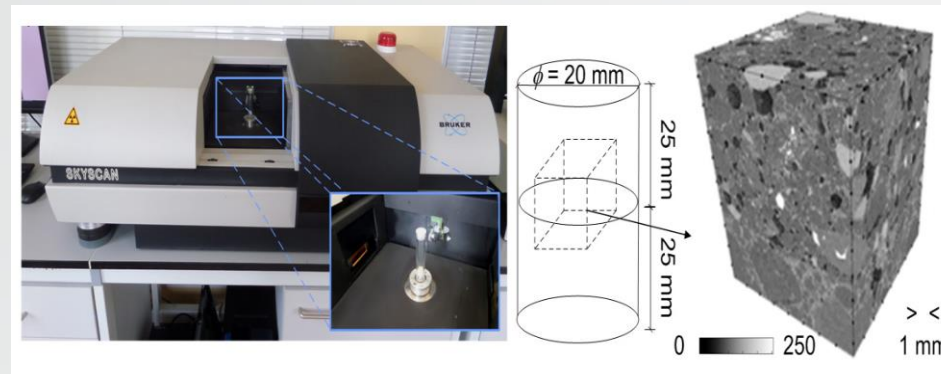
- Dualni/dvoenergetski CT sistemi



- 4D CT



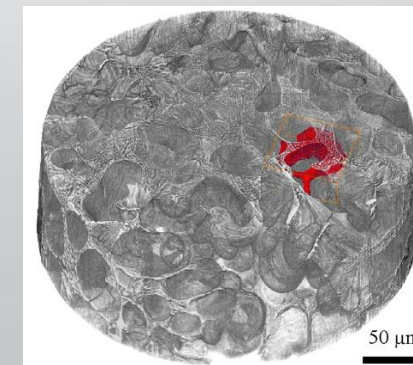
- Mikro (μ) CT



- Submikronski (nano) CT



- Nano CT baziran na SEM* tehnologiji

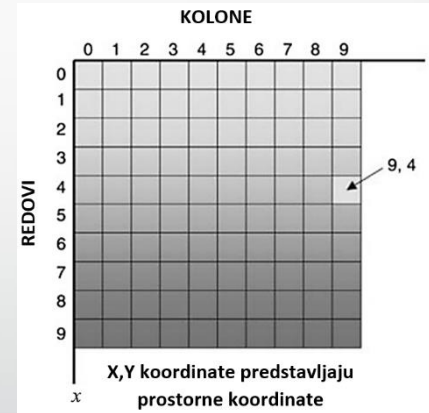


Koraci kod generisanja 3D modela primenom CT sistema:

- Kada je u pitanju postupak generisanja 3D modela primenom industrijskog CT sistema, on se sastoji iz sledećih koraka:
 - 1. Priprema** - Ovde se mogu izdvojiti različiti koraci, kao npr. priprema predmeta za snimanje (ukoliko je to potrebno), izbor adekvatnih parametara akvizicije tokom CT snimanja i kalibracija sistema.
 - 2. Akvizicija** - Ovaj korak uključuje generisanje projekcija i rekonstrukciju rezultujućih 2D CT snimaka.
 - 3. Rekonstrukcija** - Rekonstrukcija na osnovu prethodno prikupljenih 2D CT snimaka dovodi do generisanja zapreminskog 3D modela.
 - 4. Vizuelizacija i analize** - Ovaj korak uključuje sve operacije i manipulacije sa podacima, kao i za ekstrakciju informacija na osnovu rekonstruisanih CT snimaka. Vizuelizacija se može izvesti u 2D domenu (poprečni preseki) ili u 3D domenu (zapremina).

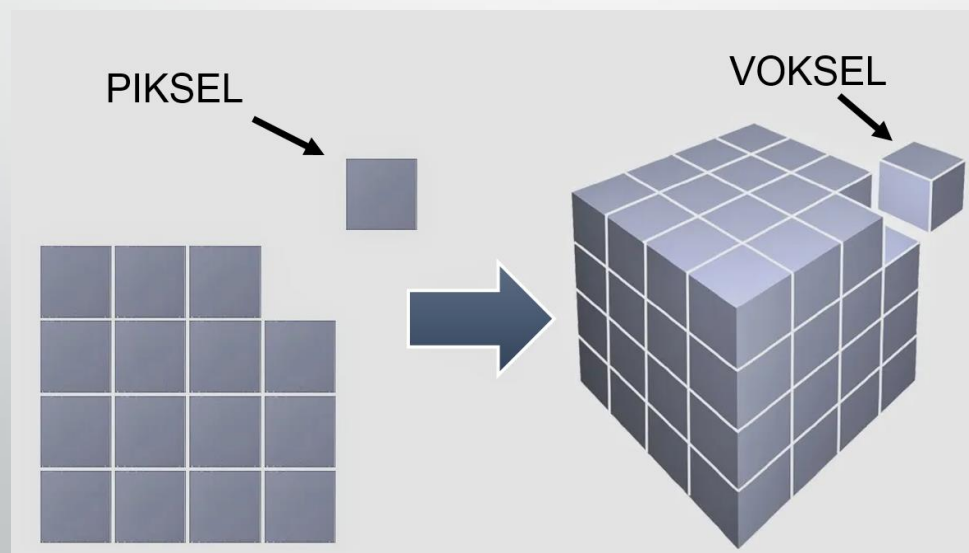
Detekcija, rekonstrukcija i vizuelizacija podataka kod CT sistema

- U toku kompletnog CT procesa, korak detekcije se sprovodi pomoću detektora, koji hvataju oslabljeni snop rendgenskih X-zraka i pretvaraju ga u električne signale, koji se zatim konvertuju u binarno kodirane informacije.
- Digitalna slika predstavlja numeričku sliku raspoređenu na takav način da se lokacija svakog broja (piksela) može identifikovati preko Dekartovog koordinatnog sistema (x, y).
- Osnovni parametri za opisivanje digitalne slike su:
 - matrica,
 - pikseli,
 - vokseli i
 - dubina bita.
- Digitalna slika je sastavljena od 2D niza brojeva koji se nazivaju matrica.
- Matrica se sastoji od kolona (M) i redova (N) koji definišu male regione koji se nazivaju elementi slike ili pikseli. Kolone i redovi opisuju dimenzije slike, a veličina slike je u bitovima.



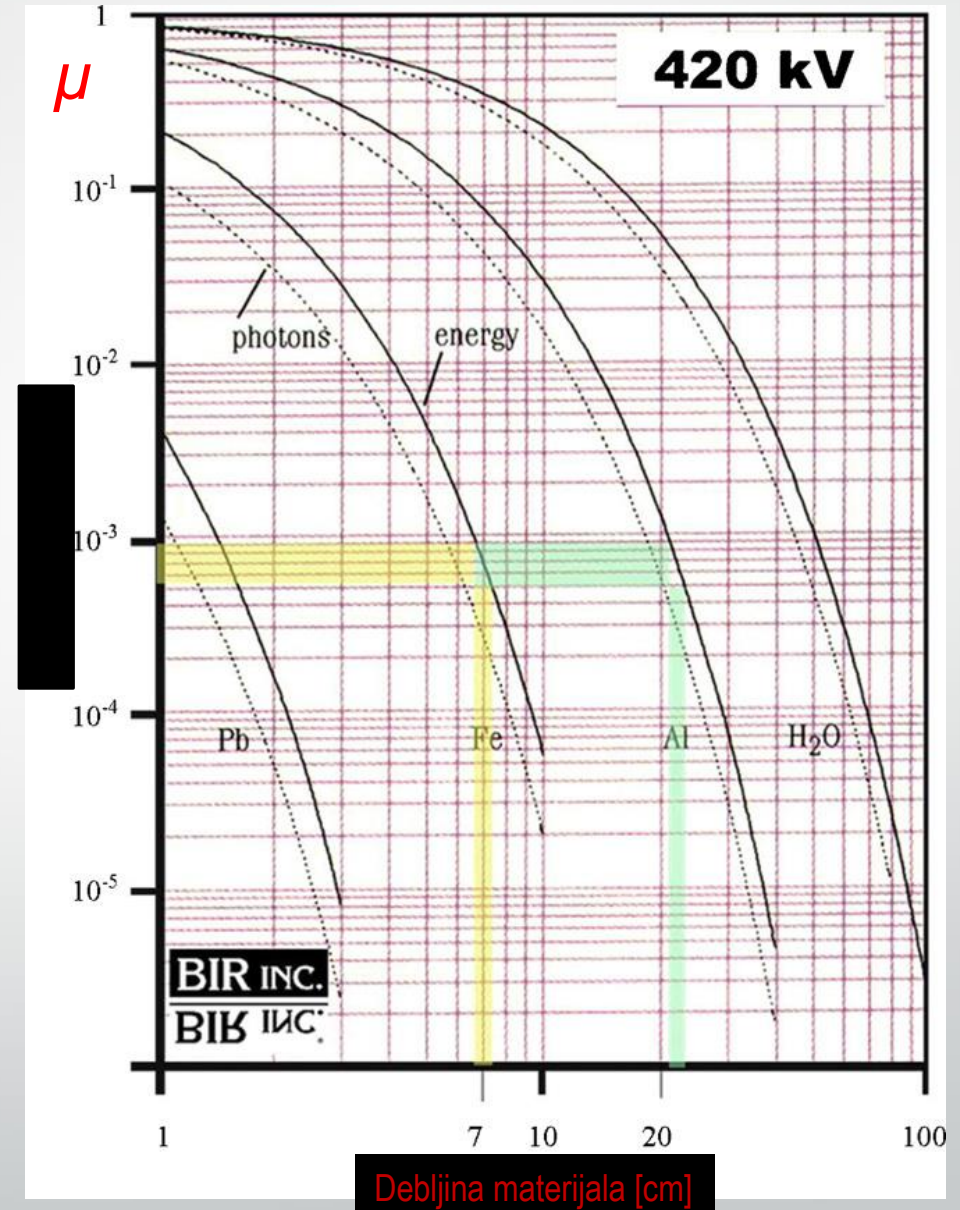
Detekcija, rekonstrukcija i vizuelizacija podataka kod CT sistema

- Pikseli su elementi slike koji čine matricu i uglavnom su kvadratnog oblika. Svaki piksel je okarakterisan brojem (diskretnom vrednošću) koji predstavlja vrednost osvetljenosti.
- Brojevi predstavljaju karakteristike materijala, npr. u radiografiji i CT, ovi brojevi su povezani sa koeficijentom slabljenja materijala.
- Vokel predstavlja 3D piksel koji sadrži informacije o zapremini materijala u objektu slike.



- Pri prolasku kroz materijal dela, X-zraci **atenuiraju (slabe)** usled apsorpcije ili rasejavanja.
- **Nivo atenuacije zavisi od:**
 - dužine puta koji prelaze unutar apsorbirajućeg materijala,
 - strukture materijala i njegove gustine (odnosno atenuacionog koeficijenta μ) i
 - energije X-zraka.

Atenuacioni koeficijent materijala ograničava max. debljinu materijala koja može biti probijena.



Zapis podataka kod CT sistema

- Razmena informacija u vidu CT snimaka, kao i podataka koje oni sadrže je danas od velikog značaja. Ovo pospešuje komunikaciju i saradnju jer obezbeđuje različitim korisnicima i ustanovama da nesmetano prenose podatke ili ih dele.
- U tu svrhu se danas koristi tzv. **DICOM (engl. Digital Imaging and Communications in Medicine)** format zapisa (*.dcm) koji omogućava prenos podataka u vidu slika visokog kvaliteta.
- Ukratko rečeno, DICOM predstavlja međunarodni standard za prenos, skladištenje, preuzimanje, štampanje, obradu i prikaz informacija o slici.
- Pored ovog formata zapisa, danas se takođe koriste i drugi standardni formate za skladištenje slike, kao što su *.tif, *.jpeg i drugi formati zapisa.

Prednosti i nedostaci CT sistema

Prednosti CT-a:

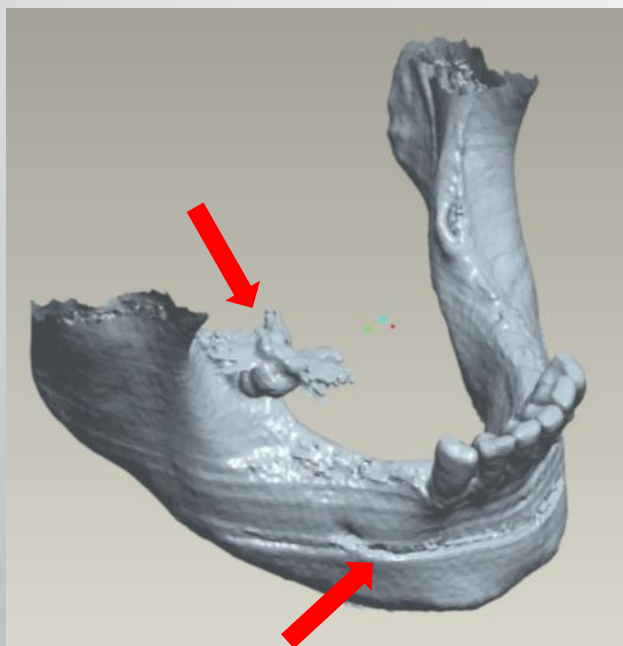
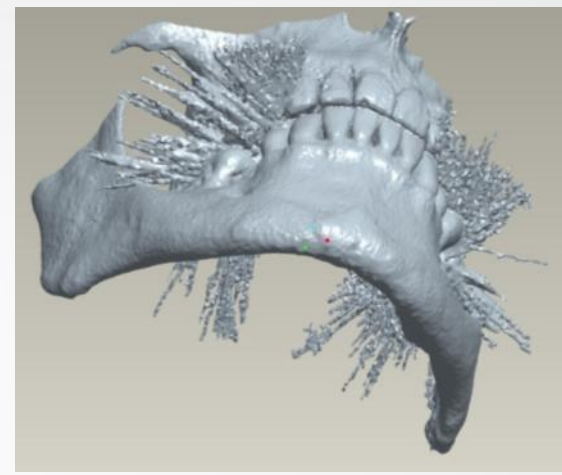
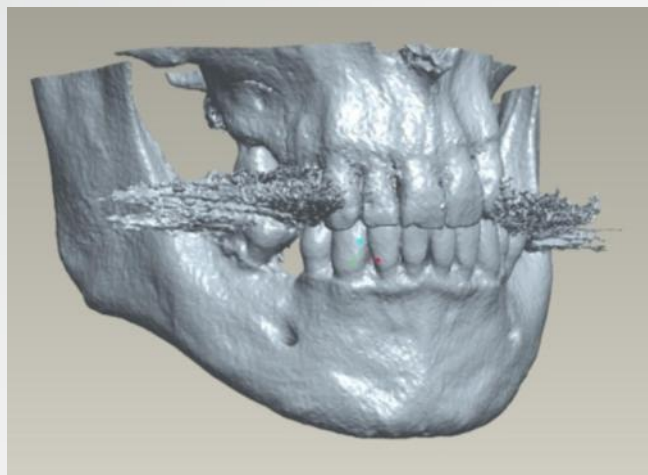
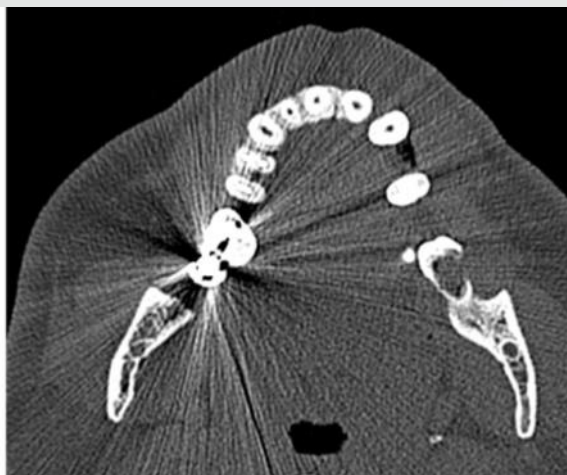
- ✓ Zahvaljujući relativno dobroj prodornosti X-zraka, kao i osetljivosti na gustinu materijala objekta, CT omogućava nedestruktivnu karakterizaciju i unutrašnjosti objekta.
- ✓ Zahvaljujući osobinama X-zraka, CT se podjednako dobro primenjuje na različitim materijalima (metal, plastika, organski materijali itd.), bilo glatkih ili teksturisanih površina, i to kako od solid (punih) tako i od vlaknastih materijala.
- ✓ CT je indiferentna na kvalitet obrađene površine.
- ✓ Ukupna geometrija objekta se dobija u samo jednom skenirajućem prolazu, čime se eliminiše potreba za registracijom (uklapanjem) više oblaka tačaka.
- ✓ CT ne zahteva primenu pribora, a nije potrebno ni prethodno ni naknadno pomeranje objekta.
- ✓ Savremeni CT industrijski sistemi su dostigli nivo (preciznost i tačnost) da se mogu porediti sa KMM.

Prednosti i nedostaci CT sistema

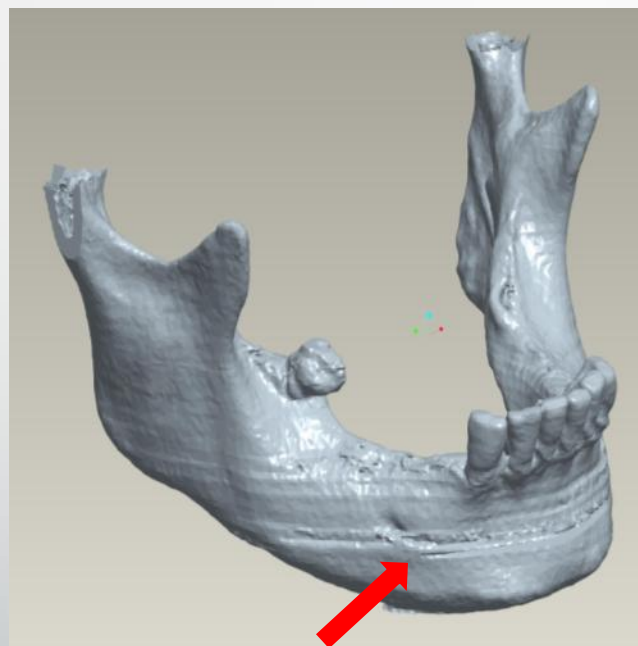
Nedostaci CT-a:

- ✓ Brojni izazovi u vidu segmentacije i rekonstrukcije podataka (od kojih u velikoj meri zavisi tačnost ovih sistema) što posledično ima veliki uticaj na kvalitet generisanih 3D modela (njihova dimenzionalna tačnost).
- ✓ **Artefakti**, kao uzroci nastanka grešaka kod rekonstrukcije, imaju takođe veliki uticaj na krajnje 3D modele.
- ✓ Ekstrakcija informacija u kompleksnim slučajevima, pogotovo kod segmentacije višematerijalnih predmeta (MMC) sa ciljem tačne rekonstrukcije svih komponenti iz kojih se ovi predmeti sastoje, a koje su od materijala izrazito različitih specifičnih gustina (npr. metal i polimer).
- ✓ Brže vreme ciklusa merenja/snimanja.
- ✓ Cena CT sistema je znatno visoka, a vreme merenja/snimanja relativno dugo.
- ✓ Potreba za boljom operativnošću operatera (proces postavljanja i snimanja predmeta na CT sistemima, i njihovu naknadnu obradu).

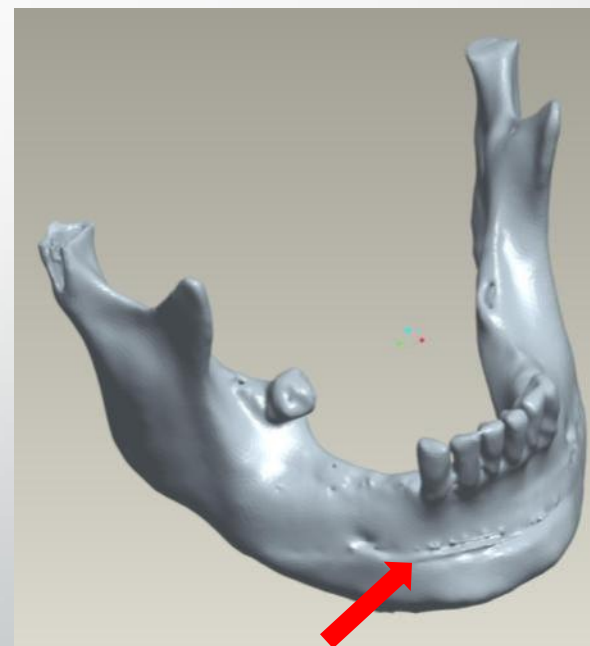
Problem šuma kod CBCT sistema



Model sa "šumom" od artefakata



Model očišćen od "šuma"



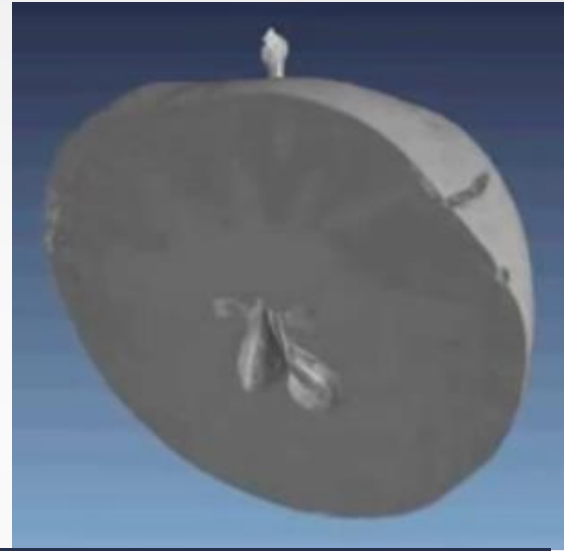
Model pripremljen za izradu

Primeri primene CT sistema

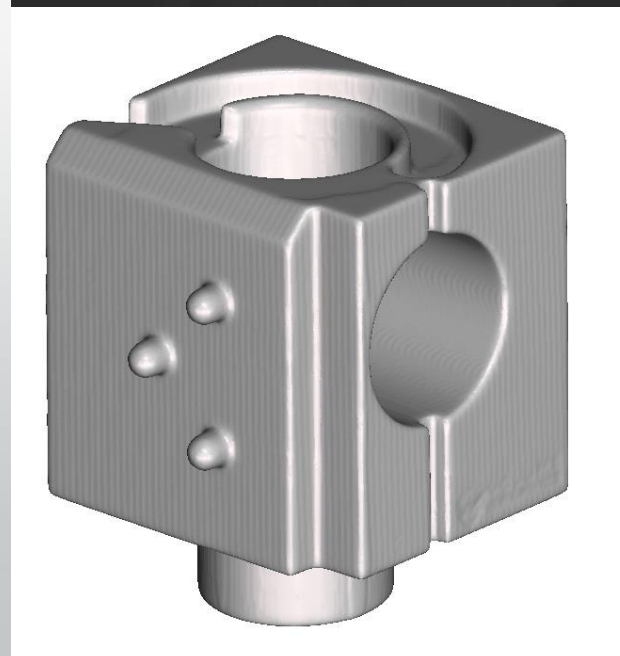
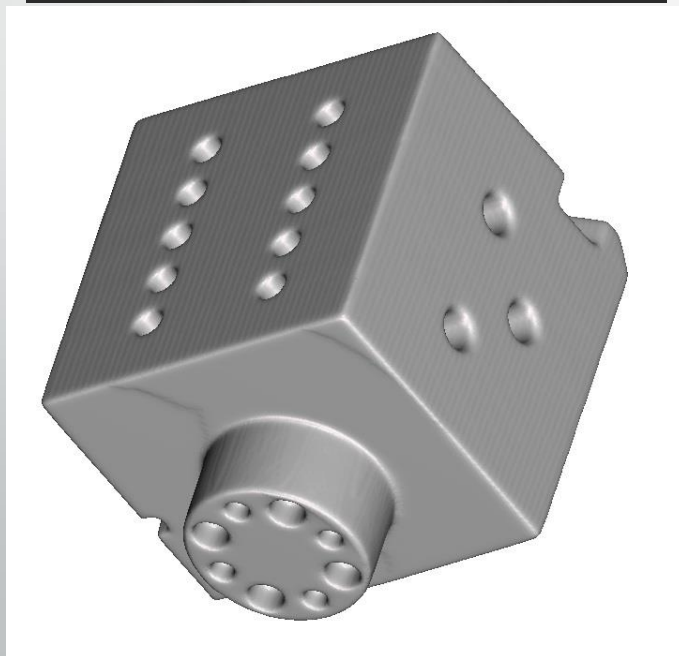
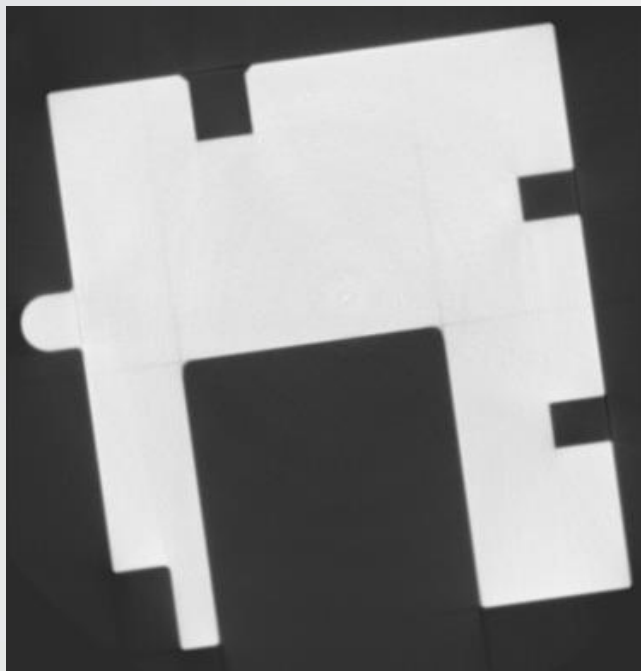


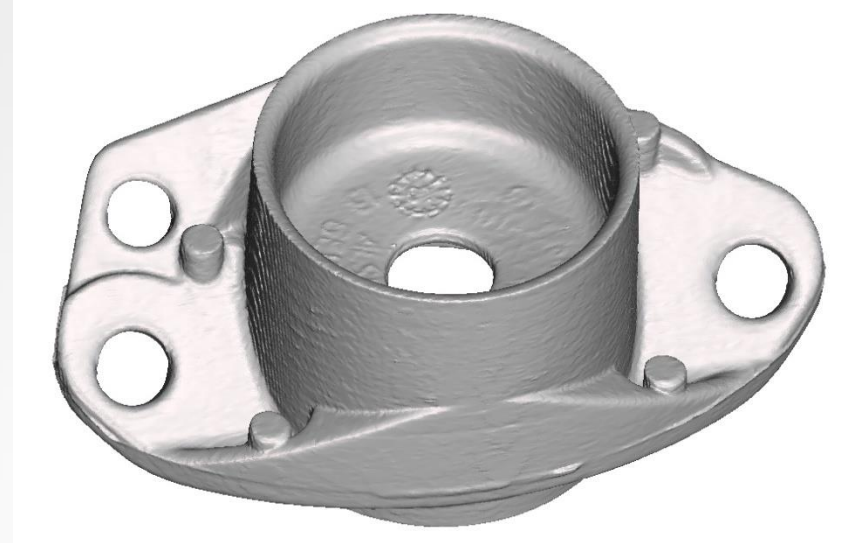
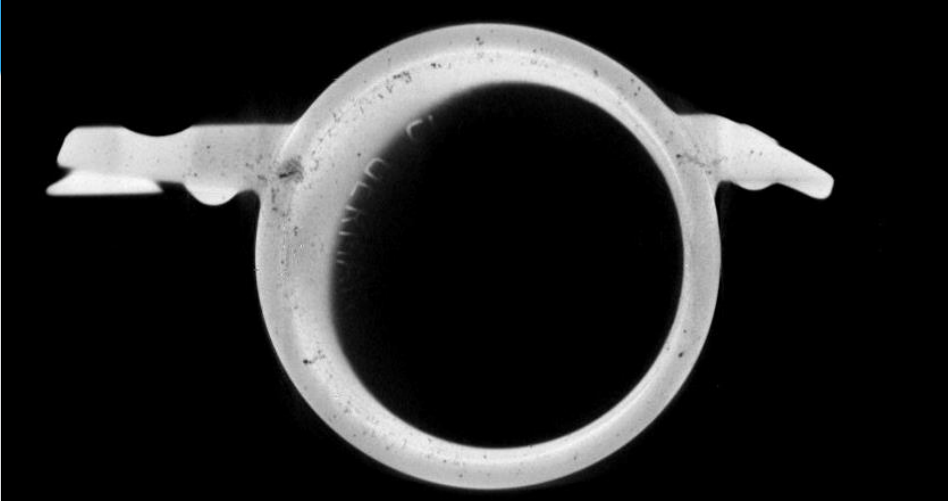
Jabuka

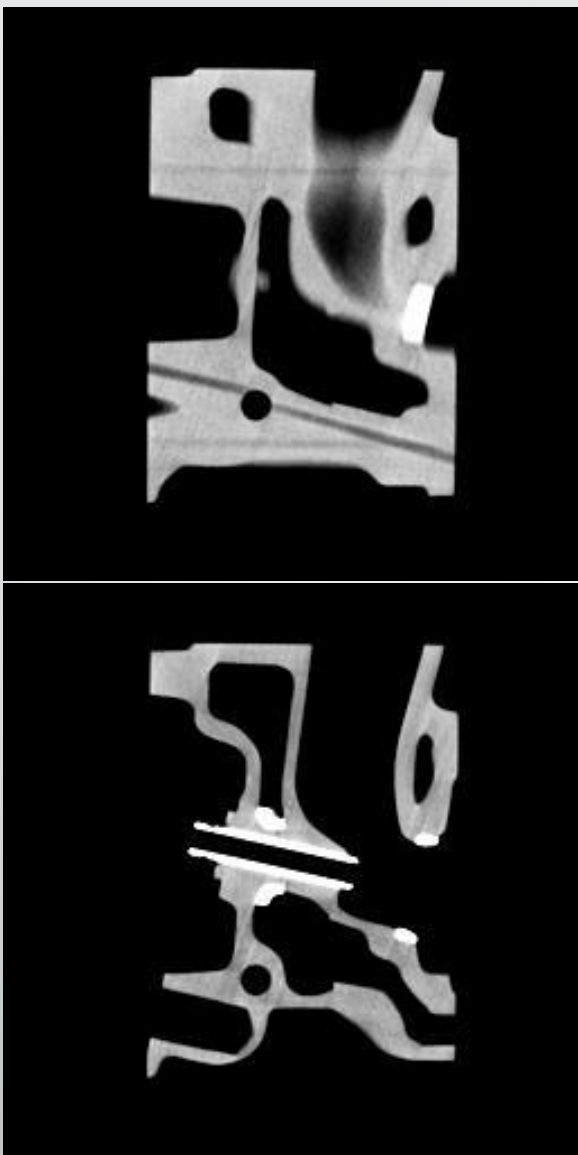




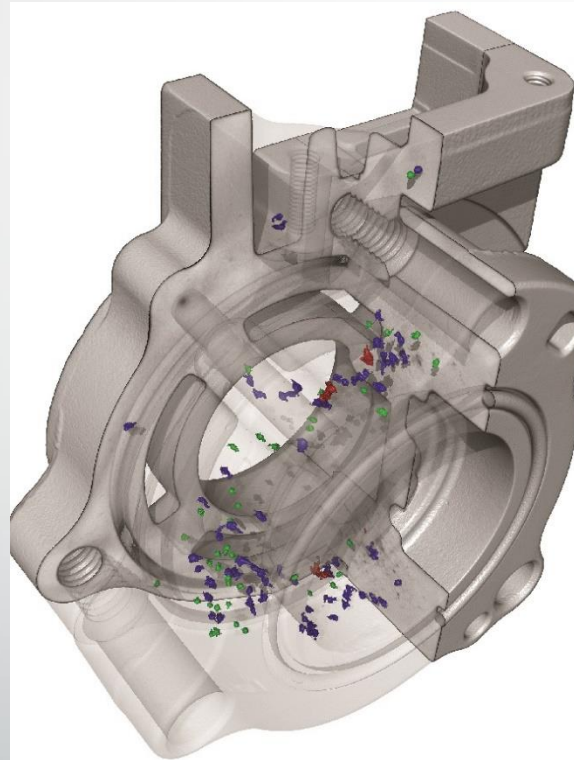
Delovi od metala



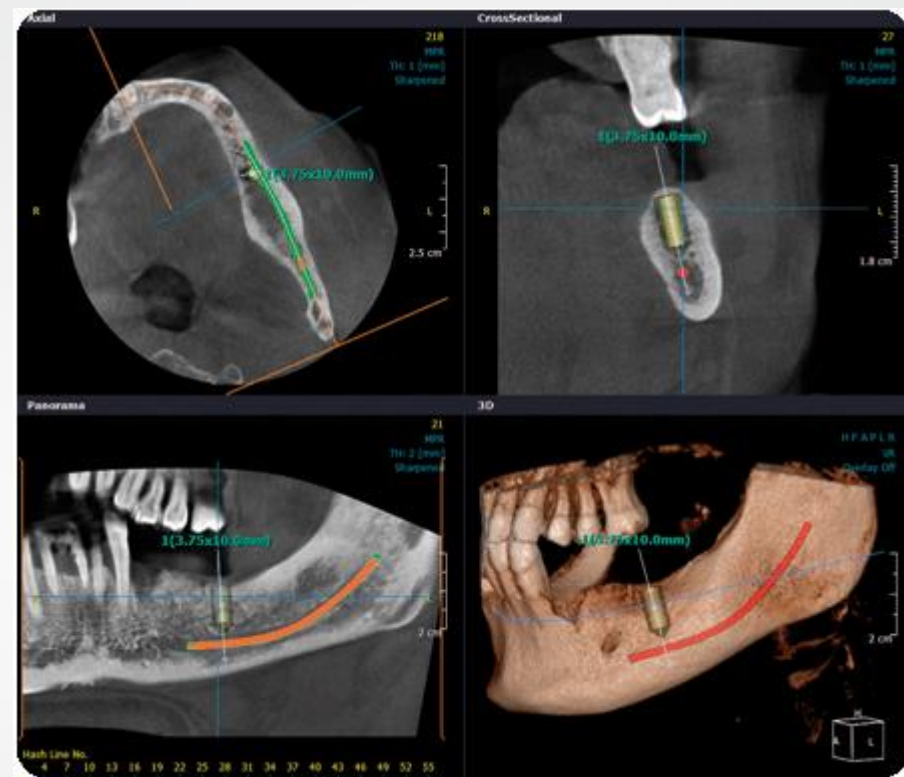




- ✓ Zahvaljujući tome što CT omogućava nedestruktivnu karakterizaciju i unutrašnjosti objekta, to ovu metodu 3DD čini vrlo pogodnom i za primenu u industrijskoj inspekciji.



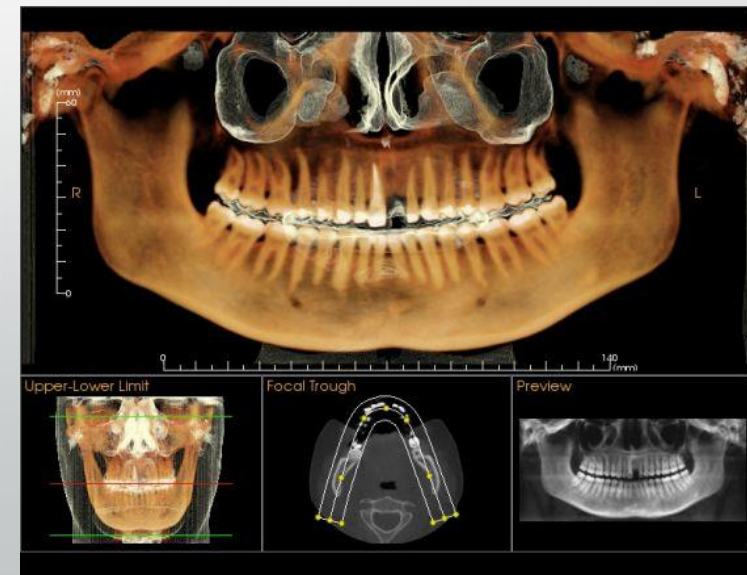
Medicina i stomatologija



Dentalni CBCT Soredex Scanora 3D



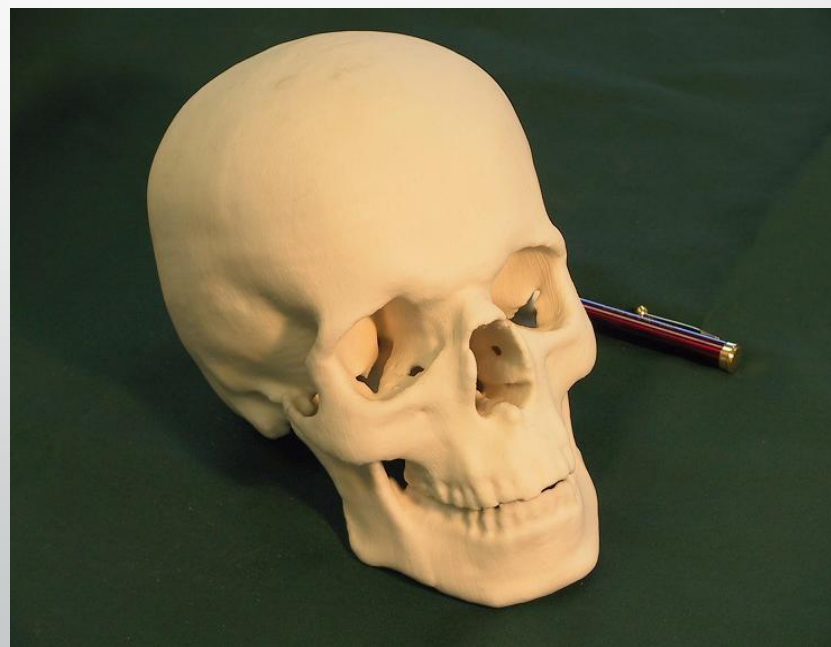
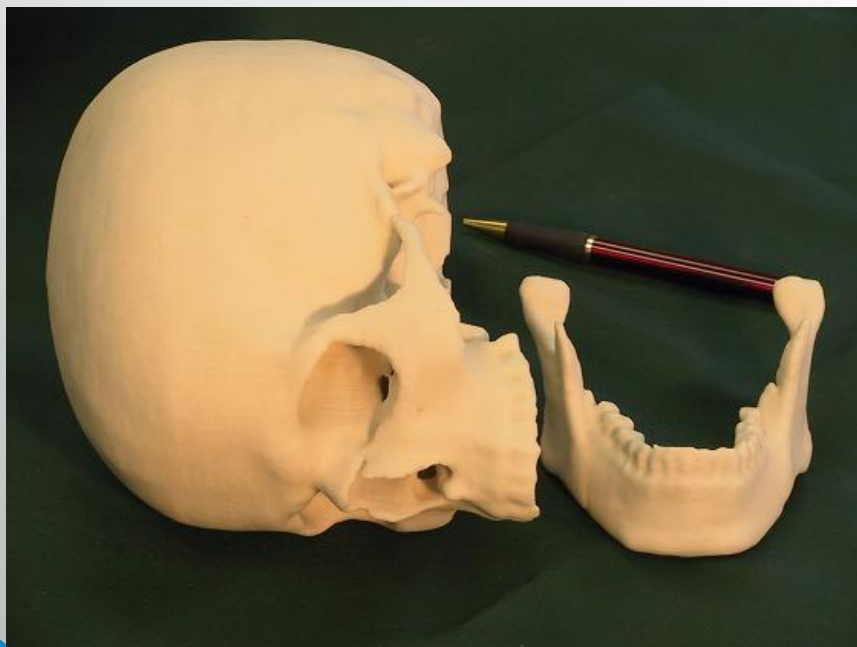
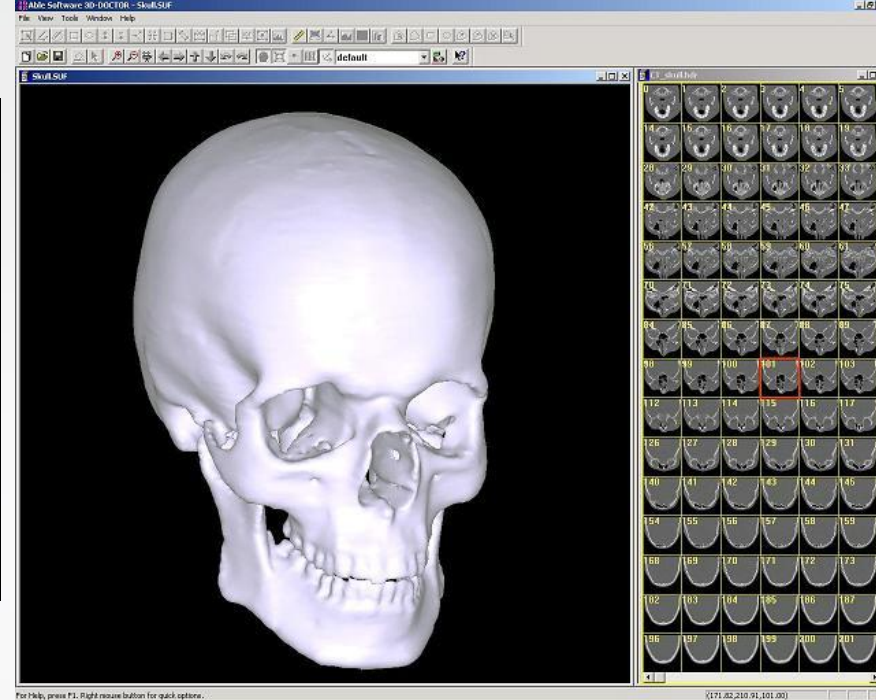
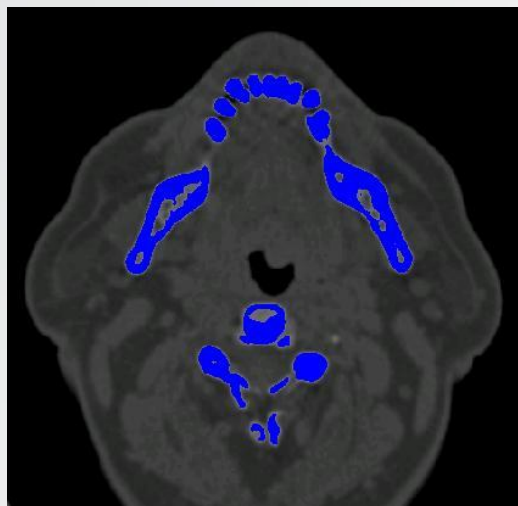
Dentalni CBCT i-CAT

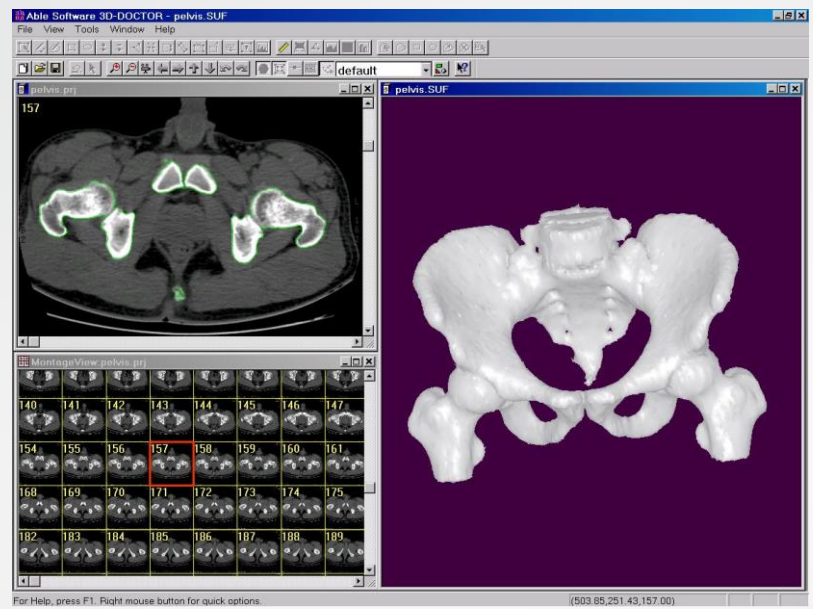




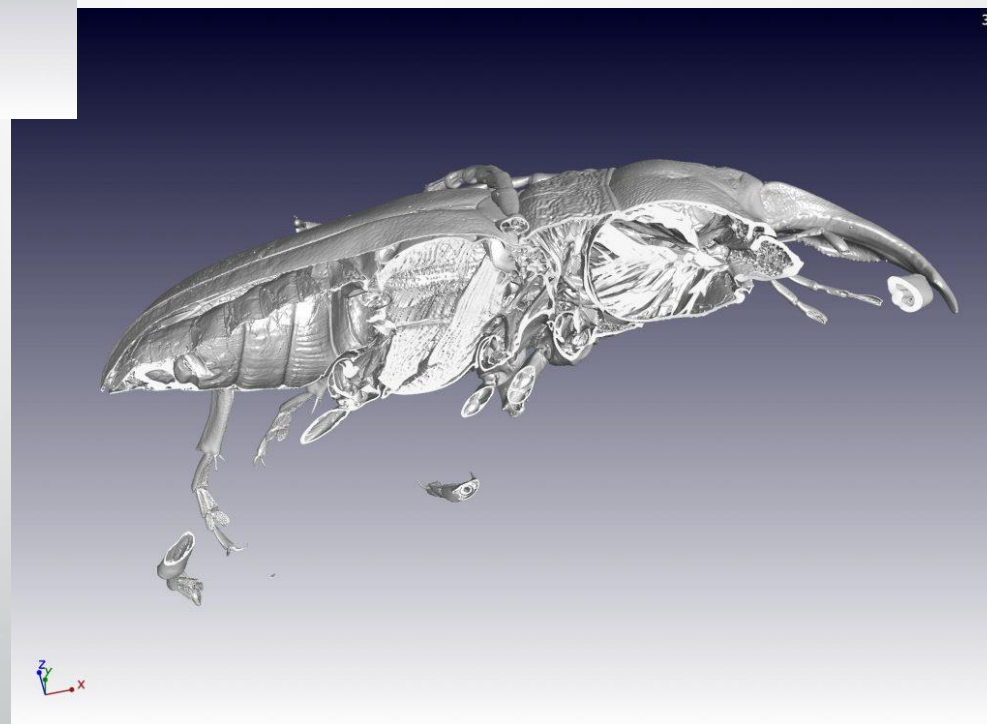
CBCT slike u DICOM formatu zapisa

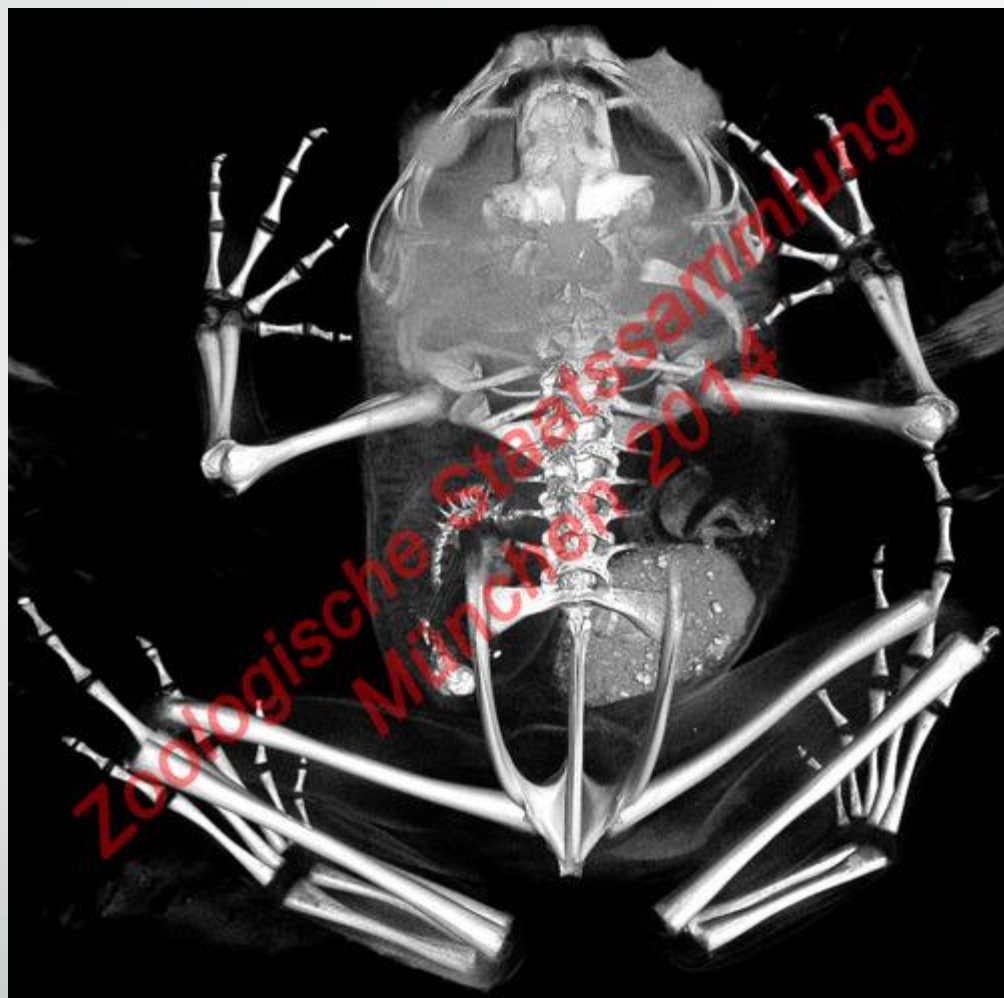


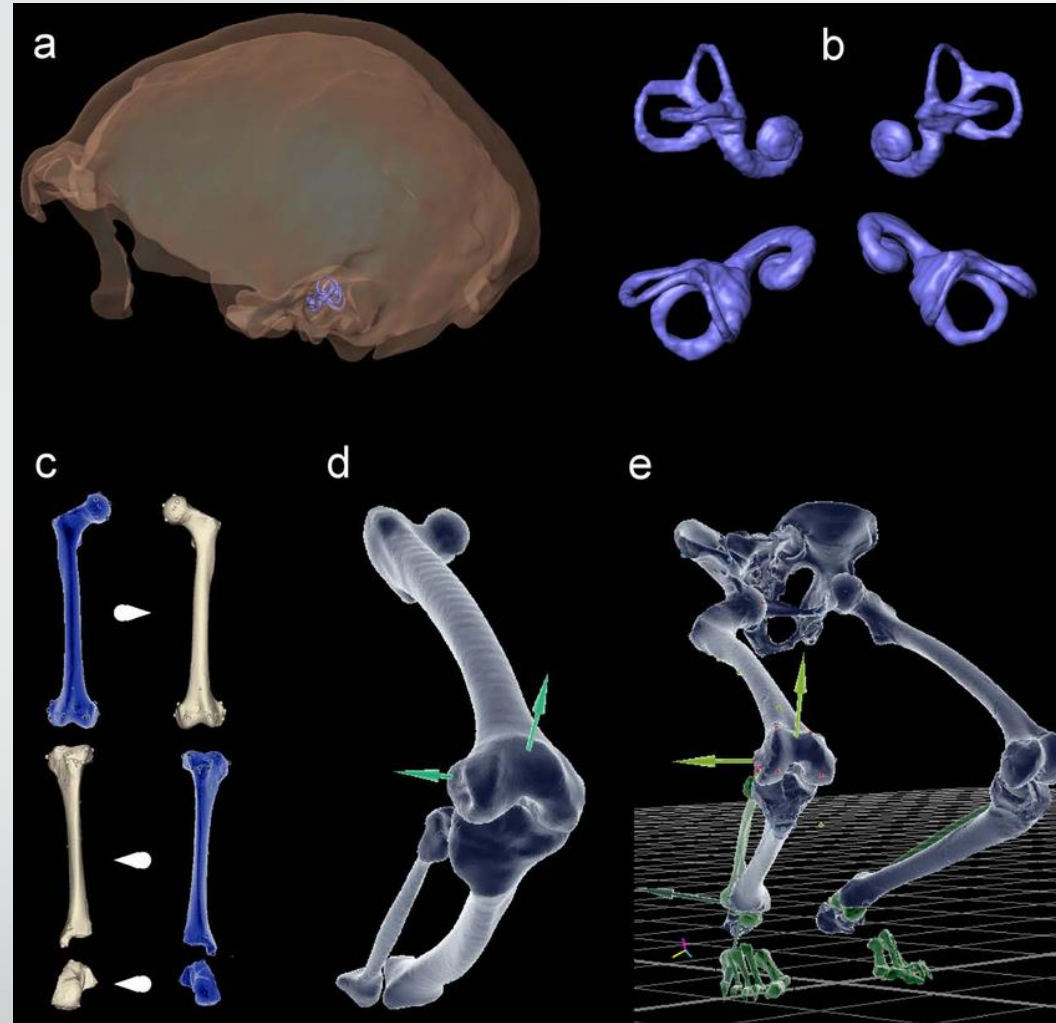




Biologija









HVALA NA PAŽNJI!

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

DIZAJN I IZRADA IMPLANATA I MEDICINSKIH MODELA

SEGMENTACIJA SLIKE I ARTEFAKTI KOD KOMPJUTERIZOVANE TOMOGRAFIJE (CT)

Vanr. prof. dr Mario Šokac

Segmentacija – uvodni pojmovi

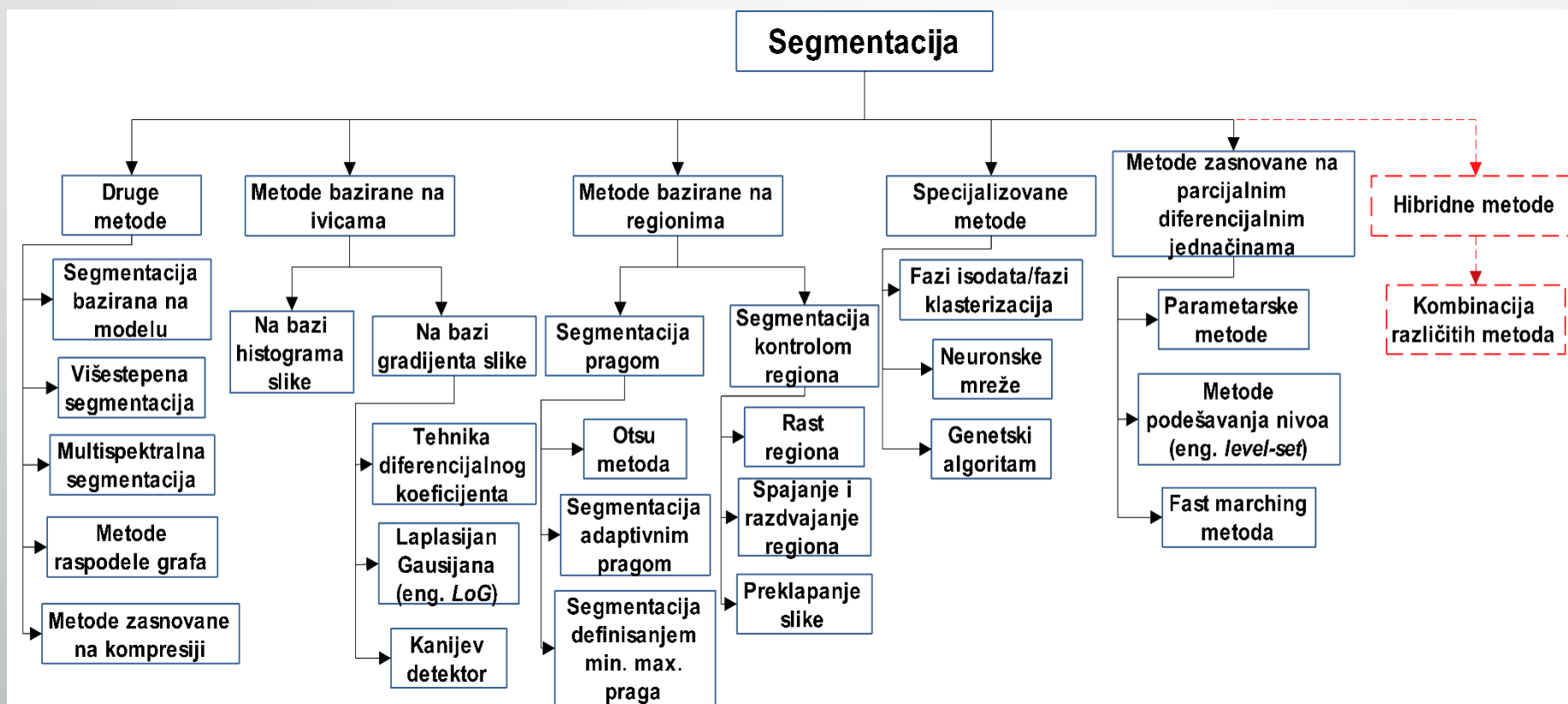
- **Segmentacija** - se često definiše kao proces koji deli sliku na njene sastavne delove i ekstrahuje delove (objekte) od interesa.
- To je jedan od najkritičnijih zadataka u automatskoj analizi slike, jer će rezultati segmentacije uticati na sve naredne procese analize slike, kao što su:
 - vizuelizacija i opis objekta,
 - merenje određenih karakteristika,
 - klasifikacije objekta,
 - itd.

Segmentacija – uvodni pojmovi

- Kritičan parametar kod segmentacije predstavlja pažljivo definisanje granične vrednosti intenziteta piksela prisutnih na CT snimcima (engl. *threshold*).



Segmentacija – podela



Metode bazirane na ivicama

- Metode bazirane na ivicama (engl. *Edge Based*) se zasnivaju na ekstrakciji ivica objekta prisutnog na slici. Ivica predstavlja skup povezanih piksela koji leže na granici između različitih regiona, gde postoje intenzivni diskontinuiteti, kao što su promena intenziteta piksela, različite nijanse boje, različita tekstura itd.
- Detekcija ivice predstavlja veliki izazov kod obrade slike (kompleksniji slučajevi segmentacije slike).
- Postoji mnogo izazova kod primene metode detekcije ivica, a neki od njih su:
 - promena osvetljenja na slici;
 - dinamična pozadina slike;
 - šum ima veliki uticaj na oblikovanje ivice;
 - lažna detekcija ivice (detektovanje ivice gde ona ne postoji);
 - dislocirana ivica (otkrivena ivica koja se pomera sa svoje tačne lokacije).

Metode bazirane na regionima

- Metode bazirane na regionima (engl. *Region Based*) zasnivaju se na kontinuitetu određenog parametra slike.
- Ove metode dele celu sliku u pod-regione na osnovu definisanih pravila. Npr. jedno od takvih pravila je da svi pikseli u jednom regionu moraju imati isti intenzitet.
- Metode bazirane na regionima se oslanjaju na vrednosti intenziteta piksela unutar klastera. Klaster se naziva region, a cilj algoritma segmentacije jeste grupisanje regiona prema njihovim funkcionalnim ulogama.
- U poređenju sa metodama detekcije ivice, algoritmi segmentacije bazirani na regionima su relativno jednostavniji i manje osetljivi na šum.
- Metode bazirane na detekciji ivica segmentiraju sliku zasnovanu na velikim promenama intenziteta piksela u blizini ivica, dok metode bazirane na regionima vrše particiju slike u regione.

Specijalizovane metode

- U ovu grupu spadaju metode za segmentaciju veće složenosti u odnosu na prethodne dve.
- Ova grupa metoda se može kategorizirati na sledeći način:
 - Segmentacija zasnovana na genetskom algoritmu;
 - Segmentacija zasnovana na neuronskoj mreži;
 - Segmentacija slike zasnovana na klasterizaciji;
 - Segmentacija bazirana na Vejvletu (engl. Wavelet segmentation).

Metode zasnovane na parcijalnim diferencijalnim jednačinama

- Koristeći metodu parcijalne diferencijalne jednačine (PDJ) i rešavanje PDJ jednačine numeričkim metodama, može se segmentirati slika.
- Ima brojne primene kao što su uklanjanje predmeta, praćenje objekata, stereo rekonstrukcija i sl.

Hibridne metode

- Sa povećanjem kompleksnosti segmentacije slike, nameće se potreba za razvojem novih algoritama i metoda.
- Kombinovanjem prehodno pomenutih metoda moguće je razviti hibridne metode i postići bolje rezultate segmentacije.
- **Po pravilu, hibridne metode su robusnije, tj. manje osetljive na promene parametara** i kod njih se sa istim parametrima moгу dobiti dobri rezultati segmentacije za relativno širok spektar različitih slika.

Ostale metode

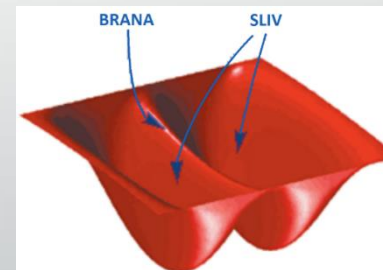
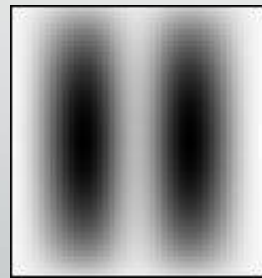
- Postoji još mnogo drugih metoda segmentacije kao što su:
 - višestepena segmentacija,
 - metoda raspodele grafa,
 - multispektralna segmentacija,
 - metode zasnovane na kompresiji,
 - itd.

Najčešće primenjivane metode za segmentaciju CT snimaka

- Neke od najčešće primenjivanih metoda su:
 - Metoda sliva (engl. Watershed);
 - Fazi isodata/fazi klasterizacija metodom C-srednjih vrednosti (engl. skraćeno FCM);
 - Rast regiona (engl. Region Growing);
 - Segmentacija adaptivnim pragom (engl. Adaptive thresholding);
 - Otsu metoda;
 - Neuronske mreže (engl. Neural Network);
 - Genetski algoritam (engl. Genetic algorithm).

Metoda sliva

- Metoda sliva je metoda za identifikaciju granica u kojoj su slike intenziteta sivog nivoa modelirane kao topografski reljefi, gde je intenzitet piksela analogan elevaciji u toj tački.
- Koncept ove metode se može razumeti tako što se pretpostavlja da se rupa definiše počevši od svakog lokalnog minimuma u reljefu. Pošto je reljef „uronjen“, voda kreće iz rupa u lokalnim minimumima. U svakoj tački gde voda prelazi iz jednog sliva u drugi, formira se tzv. „brana“. Kada je celokupni reljef uronjen u vodu, brana je formirana između svakog sliva prisutnog na slici.



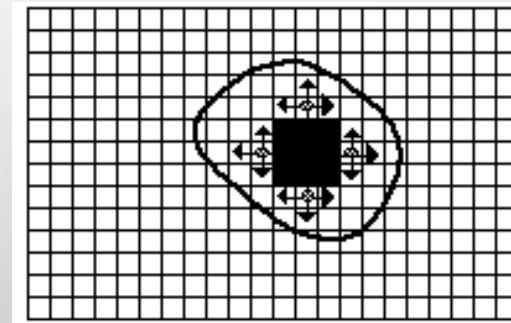
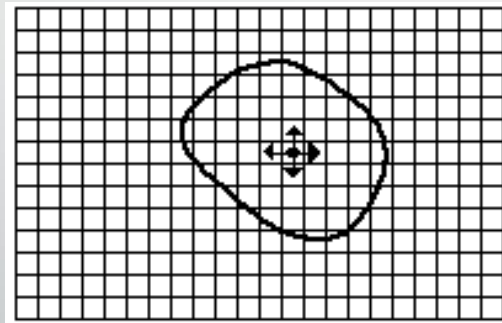
- Kod primene ove metode postoji tendencija preterane segmentacije slike.

Fazi isodata/fazi klasterizacija metodom C-srednjih vrednosti

- Ova metoda se koristi za klasterizaciju, odnosno grupisanje podataka (piksela), gde svaki piksel može da pripada dva ili više klastera sa određenim stepenom pripadnosti.
- FCM algoritam generiše fazi (odnosno, rasplinite) particije za svaki skup numeričkih podataka (piksela), i na taj način dozvoljava da jedan piksel istovremeno pripada dva ili više klastera.
- Kod postupka klasterizacije slike, najčešći parametar koji se uzima u obzir jeste intenzitet piksela prikazan u nijansama sive boje.

Rast regiona

- Predstavlja jednostavan algoritam za segmentaciju, gde svaki region počinje kao jedno seme (piksel). U svakoj iteraciji, okolni pikseli su uzeti u obzir kako bi se utvrdilo da li region treba proširiti i da li ih treba uključiti u dati region ili ne, a to kontroliše parametar tolerancije.
- Ovaj pristup se vodi činjenicom da susedni pikseli, koji se nalaze u blizini regiona imaju slične karakteristike u vidu vrednosti intenziteta piksela, boje, ili nekih drugih parametara.



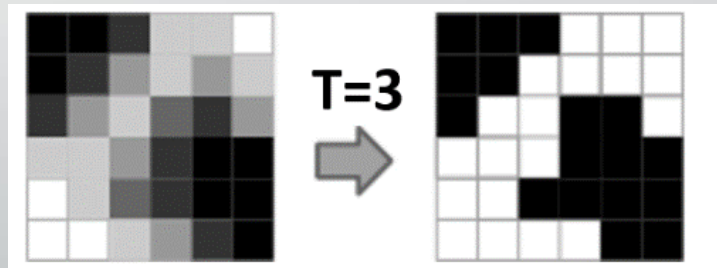
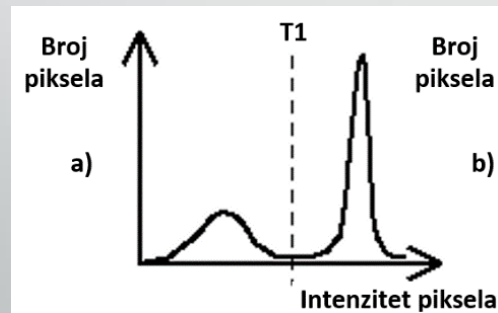
- Izbor početnog semena za segmentaciju ima veliki uticaj na konačni rezultat segmentacije, odnosno generisanje 2D binarne slike.

Segmentacija adaptivnim pragom

- Metode segmentacije adaptivnim pragom predstavljaju metode koje **ne koriste** isti prag intenziteta piksela prilikom segmentacije cele slike.
- **Za svaki piksel na slici mora se izračunati prag intenziteta.**
Ako je vrednost piksela ispod praga, ona se smatra kao pozadina, u suprotnom, ako ima vrednost piksela iznad praga, uzima se u obzir.
- **Nedostatak** ove metode jeste to što je izračunavanje vremenski zahtevno i, stoga, **nije prikladno za aplikacije u realnom vremenu.**

Otsu metoda

- Primenom Otsu metode koristi se algoritam koji pretpostavlja da slika sadrži dve klase piksela (objekat i pozadinski pikseli), zatim se izračunava optimalni prag koji odvaja dve klase tako da je njihov kombinovani raspon minimalan ili ekvivalentan.
- Ulaz za operaciju praga tipično je slika u nijansama sive (ili RGB slika u boji). Crni pikseli odgovaraju pozadini, a beli pikseli odgovaraju objektu od interesa (ili obratno).
- U jednostavnim implementacijama **segmentacija se određuje samo jednim parametrom poznatim kao prag intenziteta piksela.**



Veštačke neuronske mreže

- Danas se ova metoda često koristi za segmentaciju medicinskih slika.
- Koristi se za odvajanje objekta od interesa od pozadine.
- Neuronska mreža se sastoji od velikog broja povezanih čvorova i svaka veza ima određenu težinu. U tom slučaju problem se pretvara u više manjih problema koji se rešavaju primenom neuronske mreže.
- Veštačke neuronske mreže su korišćene u segmentaciji medicinskih slika, obično za potrebe obimnih identifikacija, ali i kod identifikacije 2D granica.
- Mreža mora prvo da bude obučena pomoću odgovarajućih podataka o slici, nakon čega se može koristiti za segmentiranje drugih slika.

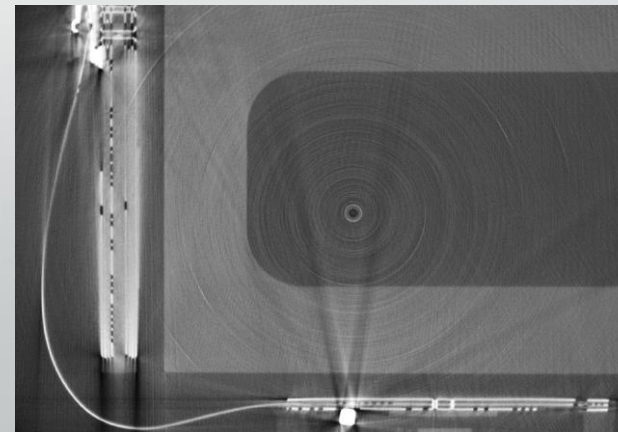
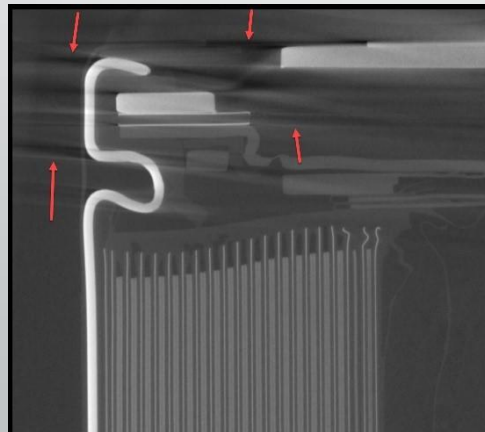
Genetski algoritam

- Metoda genetskog algoritma (GA) je metoda optimizacije koja koristi Darvinov kriterijum evolucije populacije jedinki za rešavanje problema optimizacije zasnovanih na prirodnoj selekciji.
- GA se zasniva na principu "preživljavanje najsposobnijih".
- Svaki pojedinac predstavlja jedno rešenje za proces.
- Postupak je iterativne prirode gde se nakon završenog definisanog broja iteracija (generacija) algoritam zaustavlja.
- Pojedinac, odnosno jedinka sa najnižom vrednošću funkcije troškova proglašen je za rešenje zadatka GA.

ARTEFAKTI

-osnovni pojmovi i definicije-

- Jedan od većih problema sa kojim se CT sistemi danas suočavaju prilikom njihove primene jeste prisutnost artefakata na rezultatima CT snimaka.
- Artefakti predstavljaju veštačke strukture koje se nalaze u rezultatima skeniranja, a koji ne odgovaraju realnom stanju.
- Artefakti se mogu opisati kao neslaganja između stvarne vrednosti nekog fizičkog svojstva objekta i mapiranja tog fizičkog svojstva generisanog primenom CT sistema.



ARTEFAKTI

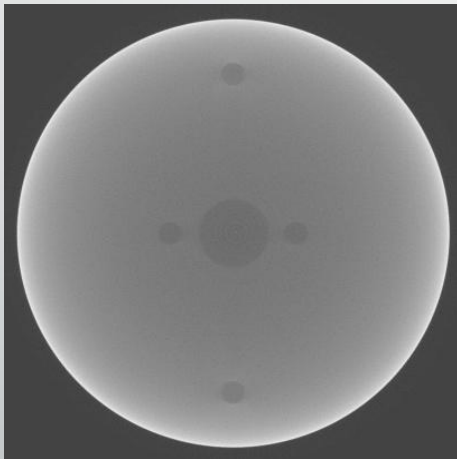
- Artefakti na rezultatima CT snimanja (CT slike) danas mogu biti uzrokovani mnogim stvarima, kao što su:
 - prirodom fizike,
 - neoptimalnim dizajnom sistema,
 - ograničenjima trenutnih i novih tehnologija,
 - karakteristikama objekata koji se snimaju i
 - neoptimalnim ili neodgovarajućim korišćenjem skenera.
- Računarske metode koje se danas koriste za redukciju i/ili eliminaciju artefakata CT slike mogu se podeliti u dve glavne klase:
 - ispravljanje artefakata i
 - izbegavanje artefakata.

ARTEFAKTI

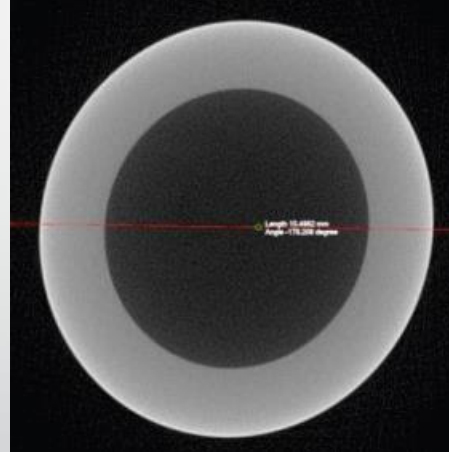
- Artefakti se danas mogu grupisati u četiri osnovna podskupa, a to su:
 1. Artefakti zasnovani na zakonima fizike
 2. Artefakti zasnovani na hardveru
 3. Artefakti zasnovani na podešavanju sistema
 4. Artefakti prisutni u oblasti medicine

Artefakti zasnovani na zakonima fizike

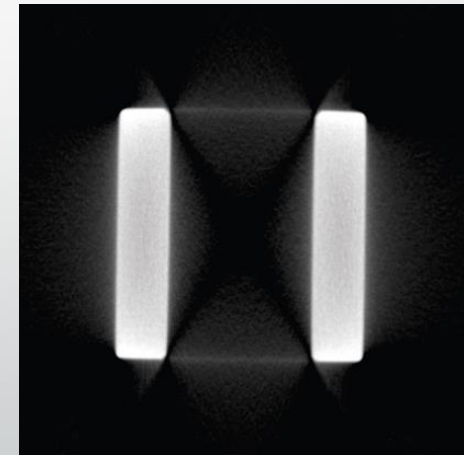
- U ovaj tip artefakata spadaju oni artefakti koji proizilaze iz fizičkih procesa uključenih u generisanje CT slike.
- Tokom prolaska rendgenskih X-zraka kroz material objekta, fotoni niže energije se češće apsorbuju i snop X-zraka postaje „tvrđi“.
- Rezultat nastanka ovih artefakata dovodi do toga da se materijali ujednačene gustine pojavljuju kao materijali različite gustine na CT slikama



Očvršćavanje snopa
X-zraka



cupping artefakati

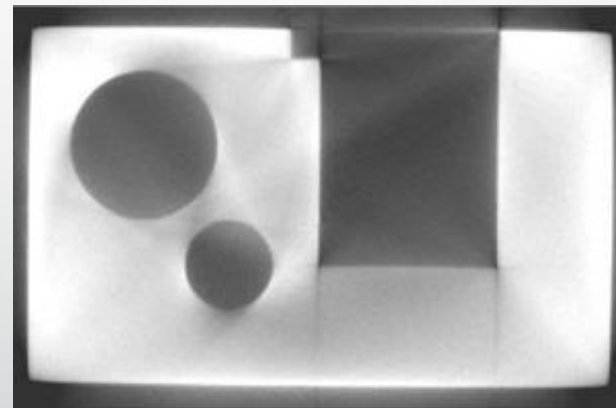
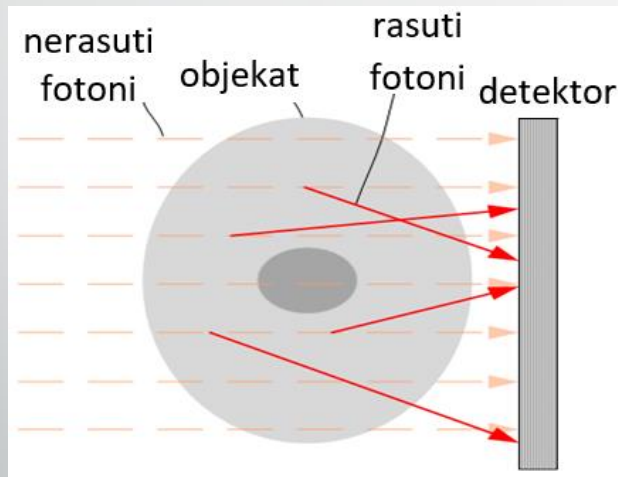


artefakati u vidu
pruga

Artefakti zasnovani na zakonima fizike

Rasipanje X-zraka

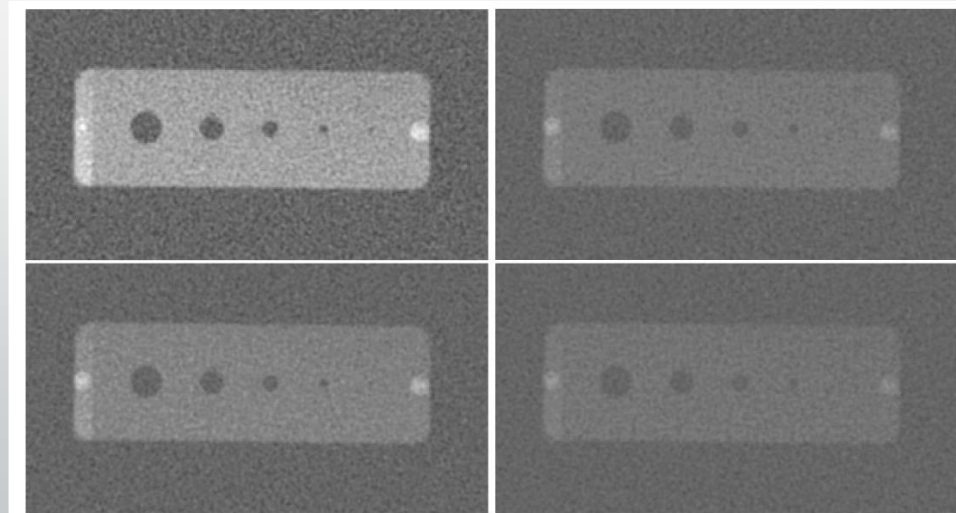
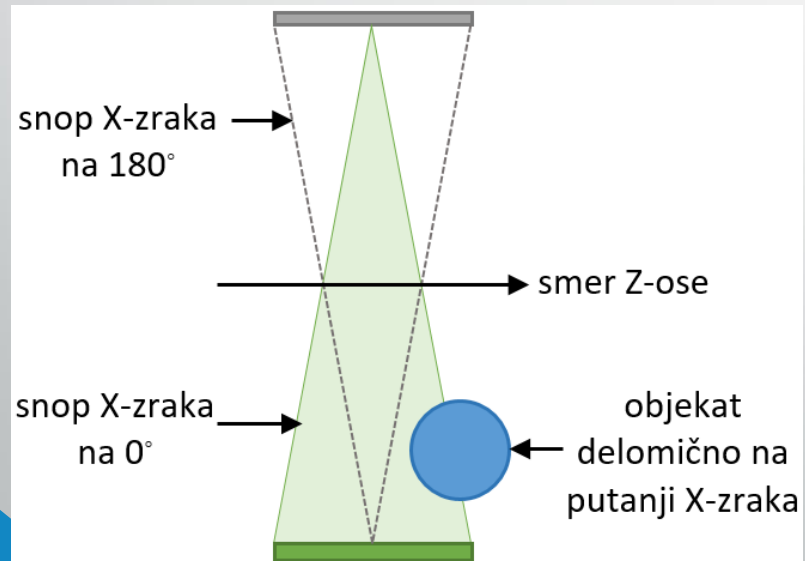
- Tokom širenja zračenja kroz material objekta, deo fotona se raspršuje i kao rezultat toga se odvaja od prvobitne putanje.
- Rasipanje X-zraka je uzrokovano interakcijama sa materijalom



Artefakti zasnovani na zakonima fizike

Artefakti delimičnog prikaza

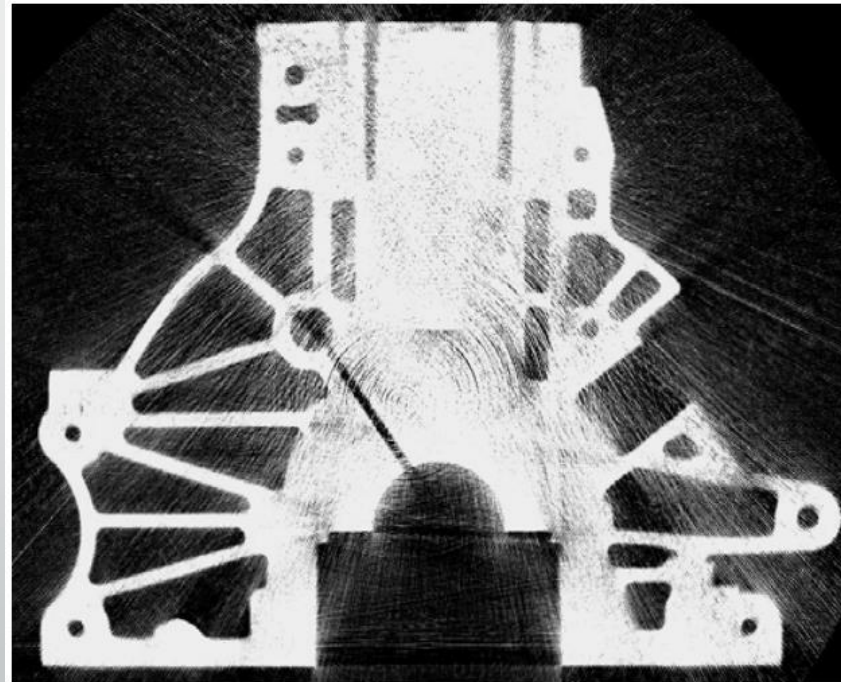
- Artefakti delimičnog prikaza zapremine objekta nastaju kada strukture visokog prigušenja ne pokrivaju ceo deo akvizicije zapremine objekta, tj. samo deo piksela detektora.
- Delimična zapremina nastaje kada objekat delimično upadne u ravan skeniranja.



Artefakti zasnovani na zakonima fizike

Artefakti fotonskog nedostatka

- Artefakt fotonskog nedostatka (odnosno fotonskog „gladovanja“) opisuje povećan šum na CT slici u određenim delovima slike, a koji je uzrokovan povećanim slabljenjem X-zračenja

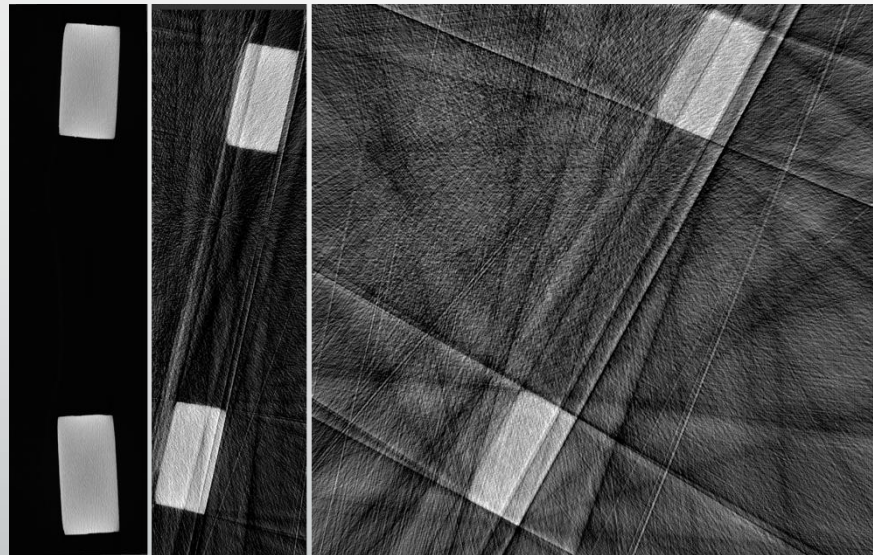


Artefakti zasnovani na zakonima fizike

Artefakti nedovoljnog uzorkovanja (alijasing)

- Artefakt nedovoljnog uzorkovanja (ili artefakti alijasinga) kod CT sistema se odnosi na grešku u tačnosti analogno-digitalnog pretvarača tokom digitalizacije CT slike.
- Ovaj tip artefakata se pojavljuje u vidu pravilnih pruga koje se projektuju sa tvrdih ivica visokog kontrasta unutar slike.

1000
projekcija

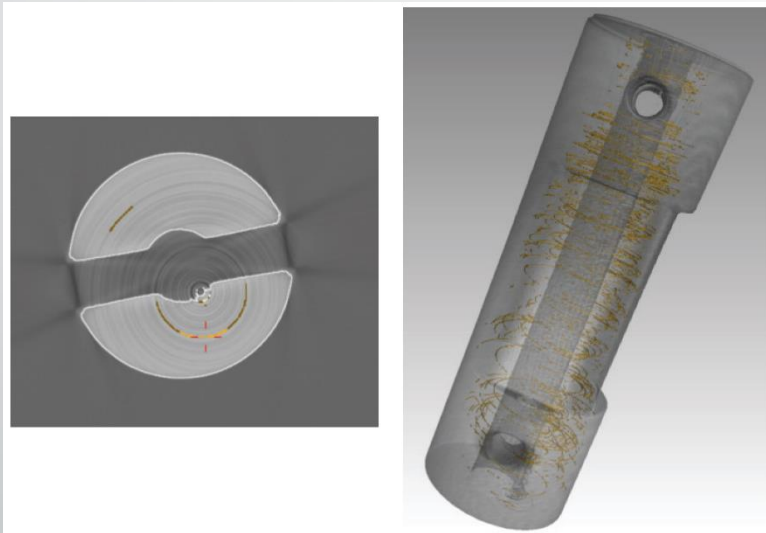


40
projekcija

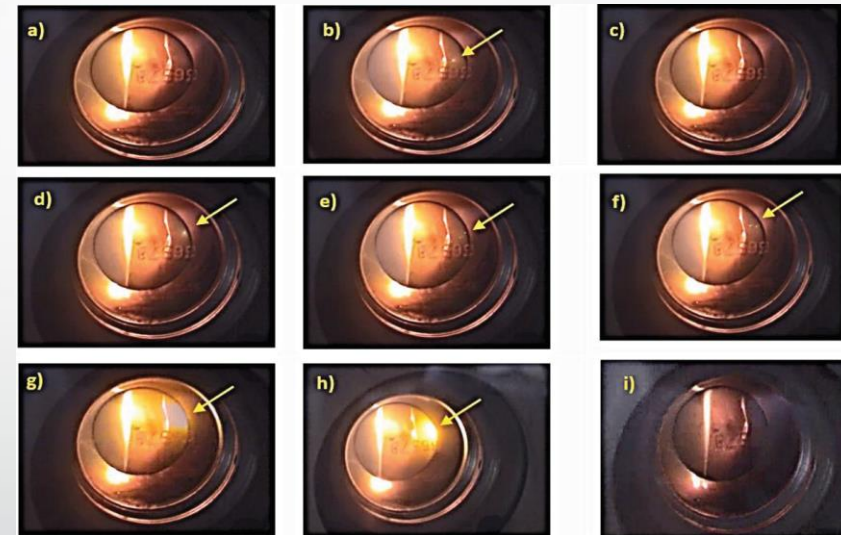
15 projekcija

Artefakti zasnovani na hardveru

- Nastanak ovog tipa artefakata je vezan za rezultat nesavršenosti u sistemu kontrole kretanja i podešavanja Sistema (mehaničke komponente CT sistema kao što su rendgenska cev, detektor, itd.)



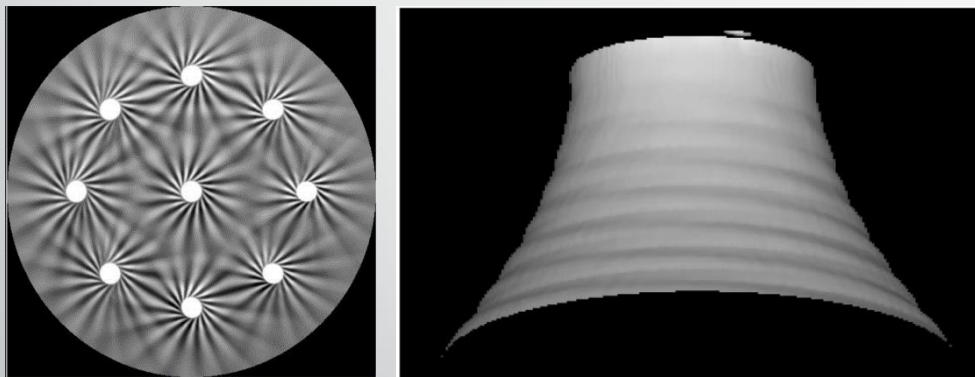
Artefakti u vidu prstenova



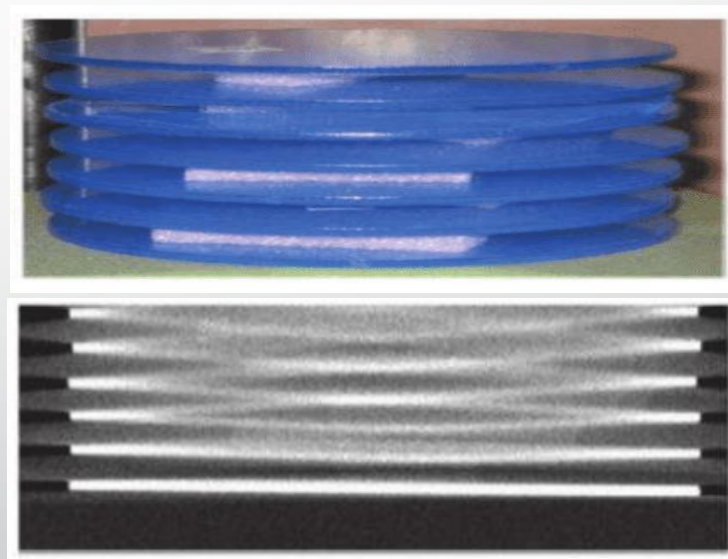
Lučenje rendgenske cevi
(pojava lučnog luka)

Artefakti zasnovani na podešavanju sistema

- Artefakti zasnovani na podešavanju sistema uglavnom nastaju tokom samog procesa podešavanja CT sistema.
- U velikom broju slučajevima, artefakti ovog tipa su uzrokovani interakcijom između poravnanja CT sistema i algoritma rekonstrukcije.



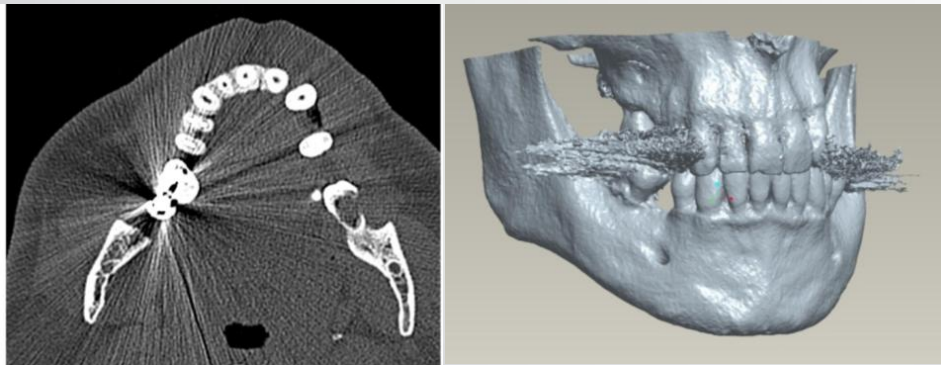
Helikoidni artefakti



Artefakti konusnog snopa

Artefakti prisutni u oblasti medicine

- Ovi tipovi artefakata su uglavnom vezani za pacijente i javljaju se u oblasti medicine.
- Rezultat nastanka ovih artefakata je u velikoj većini slučajeva rezultat pomeranja pacijenta ili usled prisutnosti stranih objekata tokom akvizicije CT snimaka.



Metalni artefakti



Artefakti nastali usled pomeranja



HVALA NA PAŽNJI!