

PREDNOSTI ITERATIVNE REKONSTRUKCIJE KOD KOMPJUTERSKE TOMOGRAFIJE U KLINIČKIM PRIMENAMA**THE ADVANTAGES OF ITERATIVE RECONSTRUCTIONS IN COMPUTED TOMOGRAPHY CLINICAL APPLICATIONS**

Vesna Surla, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je pregled aktuelnih tehnika rekonstrukcije slike kod kompjuterske tomografije i aktuelnih kliničkih istraživanja koje ukazuju na prednosti iterativnih metoda u pogledu poboljšanja kvaliteta slike uz smanjenje zračne doze kojoj je pacijent izložen.

Ključne reči: *Kompjuterska tomografija, CT, tehnike rekonstrukcije, iterativna rekonstrukcija, filtrirana povratna projekcija*

Abstract – *This paper provides an overview of current image reconstruction techniques in computed tomography and current clinical research that indicate the advantages of iterative methods in terms of improving image quality while reducing the radiation dose to which the patient is exposed.*

Keywords: *Computed tomography, CT, reconstruction techniques, iterative reconstruction, filtered back projection*

1. UVOD

Kompjuterska tomografija, skraćeno CT (Computed Tomography), je dijagnostička metoda koja pruža mogućnost snimanja organa iz različitih uglova. Ova radiološka metoda pored rendgen zračenja primenjuje i tomografiju. Zasniva se na matematičkim procedurama obrade snimaka ili tomografskoj rekonstrukciji snimaka uz primenu računara i programskih paketa u njima. Uticaj ove tehnike u dijagnostičkoj medicini bio je revolucionaran jer je omogućio lekarima da pogledaju unutrašnje organe sa dotada neviđenom preciznošću. Prvi rendgen aparat za rotacionu tomografiju konstruisan je 1946. godine u Japanu i nazivali su ga rotografija. Međutim, tada nisu postojali računari koji bi lako obradili sliku, već se obrada slike vršila na klasičan način [1]. Za pronalazak rendgenske kompjuterske tomografije zaslužan je Hounsfield, koji je uz pomoć matematičara Alena Cormacka konstruisao prvi aparat za kompjuterizovanu tomografiju. Za ovo otkriće Hounsfield i Cormack su dobili Nobelovu nagradu.

1.1. Princip rada kompjuterske tomografije

CT aparat izgleda kao kutija sa kružnim otvorom u sredini ili kao cev sa otvorom sa obe strane.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Olivera Šveljo, vanr. prof.

Takođe, postoji sto koji se kreće kroz taj otvor ili tunel. Primer jednog uređaja koji se koristi za dobijanje CT slike prikazan je na slici 1. Izvor rendgenskih zraka proizvodi uski, lepezasti snop koji se koristi da bi se ozračio deo pacijentovog tela. U toku snimanja rendgenska cev se rotira oko pacijenta i na taj način se generše veliki broj projekcija. Jedna rotacija traje oko jednu sekundu. Detektori iza dela tela koji se snima registruju varijacije rendgenskog snopa nakon što prođe kroz kožu, kost, mišiće i drugo tkivo. Debljina snopa može biti od 1 milimetara do 10 milimetara. Informacije sa detektora se šalju računaru koji interpretira ove podatke i prikazuje ih u formi slike [1].



Slika 1. CT uređaj [2]

1.2. Zračenje

CT skeniranje se može uraditi sa ili bez kontrasta. Kontrast se odnosi na supstancu koja se uzima na usta ili se ubrizgava u telo. Ta supstanca uzrokuje da se određeni organ ili tkivo koji se proučavaju jasnije vide. Sama doza zračenja koja se koristi tokom pravljenja CT snimaka varira u zavisnosti koji deo tela se snima. Vrednosti uobičajene efektivne doze zračenja za neke delove tela su prikazane u tabeli 1. Izloženost relativno velikom zračenju tokom CT-a izaziva je veliku zabrinutost lekara zbog eventualnih štetnih posledica [3].

2. METODE REKONSTRUKCIJE CT SLIKE

Postoje različite metode rekonstrukcije CT snimaka. Svaka metoda rekonstrukcije ima svoje prednosti i mane koje će biti objašnjene u daljem tekstu. Klasična metoda rekonstrukcije je oduvek bila filtrirana povratna

projekcija, međutim u poslednje vreme veliki značaj se daje iterativnim metodama rekonstrukcije (IR) koje imaju neke prednosti u odnosu na klasičnu tehniku.

Tabela 1. Uobičajena efektivna doza zračenja za neke delove tela [2]

Vrsta ispitivanja	Uobičajena efektivna doza (mSv)	=sledećem trajanju prirodnog zračenja
Radiografija-grudi	0,1	10 dana
CT- sinusa	0,6	2 meseca
CT-kičme	6,0	2 godine
Radiografija-udova	0,001	Manje od jenog dana
CT-abdomena i karlice	10,0	3 godine
CT angiogram srca	6,7	2 godine
CT pregled debelog creva	10,0	3 godine

2.1. Filtrirana povratna projekcija (FBP)

FBP (metoda filtrirane povratne projekcije – Filtered Back Projection) je brz i direktan metod za generisanje CT slika. Kao što naziv sugerise, sastoji se od dva glavna koraka filtriranja podataka i izvođenja operacije povratne projekcije gde se podaci vraćaju na sliku u pravcu u kome su mereni. Uz pomoć FBP-a slika se rekonstruiše u jednom koraku u veoma kratkom vremenu.

2.2. Iterativne rekonstrukcije (IR)

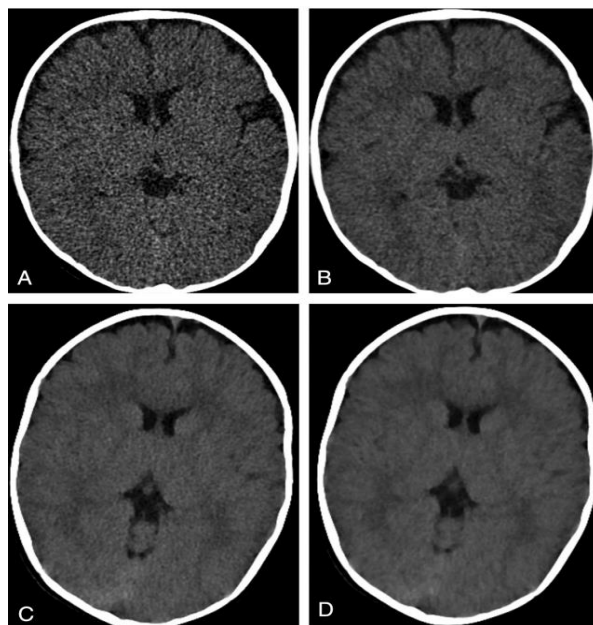
Nedavni napredak u računarskoj tehnologiji omogućio je razvoj softverski zasnovanih metoda za iterativnu rekonstrukciju slike (IR) kod CT-a, omogućavajući istovremeno smanjenje šuma slike i poboljšanje ukupnog kvaliteta slike. Takođe, kontrast slike je dosta bolji kod iterativnih metoda rekonstrukcije nego kod FBP-a. IR takođe omogućava smanjenje doze zračenja. Metoda iterativne rekonstrukcije slike ima svoje prednosti i mane. Pogodna je za smanjenje šuma i artefakata, kao i za smanjenje doze zračenja. Mana je što zahteva više vremena u odnosu na FBP. U nekim slučajevima kada je vreme za koje treba da se dobije CT slika od velike važnosti, lekari se odlučuju za drugu metodu rekonstrukcije. Međutim, algoritmi i metode iterativne rekonstrukcije se konstantno usavršavaju pa i vreme potrebno za rekonstrukciju slike postaje sve kraće [4].

3. KLINIČKE STUDIJE PROCENE KVALITETA CT SLIKE ZA RAZLIČITE TEHNIKE REKONSTRUKCIJE

3.1 Procena kvaliteta slika za različite metode rekonstrukcije kod pedijatrijskih CT pregleda glave

CT glave koristi se kako bi se detektovale traumatske povrede mozga, moždani udar i druge povrede glave. CT

sa niskom dozom zračenja, dobijen uz pomoć FBP-a, podložan je šumu i niskom kvalitetu slike, a velike doze zračenja su loše i izbegavaju se pogotovo kod mladih pacijenata. Da bi se videle rezlike u FBP metodi i IR, rađeno je istraživanje u jednoj bolnici u Americi. CT glave rađen je kod 173 dece uz pomoć FBP-a, a kod 190 dece uz pomoć iterativnih metoda. U oba slučaja korišćene su male doze zračenja. Međutim, uočeno je da se kod iterativnih rekonstrukcija mogle koristiti još manja zračena doza u odnosu na FBP. Takođe, kontrastna rezolucija poboljšana je 2 puta kod iterativne metode (slika 2). Međutim, za rekonstrukciju uz pomoć FBP-a bilo je potrebno u proseku 101 sekund, a sa iterativnim rekonstrukcijama bilo je potrebno 147 sekundi [5].



Slika 2. CT snimak glave dobijen uz pomoć FBP rekonstrukcije (A sa manjom zračnom dozom i B sa većom zračnom dozom) i uz pomoć IR (C sa manjom zračnom dozom i D sa većom zračnom dozom) [5]

3.2 Procena kvaliteta slika za različite metode rekonstrukcije kod pregleda grudnog koša u odrasloj populaciji

Slično istraživanje za različite metode rekonstrukcije sprovedeno je i za procenu kvaliteta slika kod pregleda grudnog koša u odrasloj populaciji. Tačnije, korišćena su dva algoritma iterativne rekonstrukcije i FBP tj. rekonstrukcija filtriranom povratnom projekcijom. Od iterativnih tehnika korišćene su ASIR (adaptivna statistička iterativna rekonstrukcija) i MBIR (iterativna rekonstrukcija zasnovana na modelu). Istraživanje je sprovedeno na spiralnom CT skeneru sa 64 niza detektora. Za potrebe istraživanja korišćen je fantoma grudnog koša koji sadrži elemente koji odgovaraju benignim lezijama. CT slike se tradicionalno rekonstruišu pomoću algoritama filtrirane povratne projekcije (FBP), koji proizvodi povećani šum na slici pri smanjenju zračne doze. Međutim, pokazalo se da algoritmi iterativne rekonstrukcije (IR) obezbeđuju mnogo bolje performanse šuma pri niskom nivou zračenja [6].

Takođe između ASIR i MBIR bilo je značajnih razlika u vrednostima parametara kvaliteta slike. U tabeli 2 prikazani su prosečan šum i kontrast koji su dobijeni

korišćenjem različitih algoritama rekonstrukcije. Prosečan šum slika dobijenih na 80 kV kod MBIR je smanjen za 66,2% u poređenju sa slikama rekonstruisanim FBP-om, a korišćenjem ASIR rekonstrukcije, šum je bio 30% veći u odnosu na MBIR. Prosečan šum slika rekonstruisanih pomoću MBIR bio je značajno manji od šuma slika rekonstruisanih uz pomoć FBP ili ASIR. U svakom slučaju metode iterativne rekonstrukcije su se pokazale mnogo bolje od FBP-a i kada je u pitanju šum i kada je u pitanju contrast [6].

Tabela 2. Prikaz prosečnog šuma i kontrasta kod različitih metoda rekonstrukcije [4]

	FBP	ASIR	MBIR
Prosečan šum (80kV)	28.3±3.53	23.53±2.64	18.59±12.32
Kontrast (80kV)	7.20±3.38	8.67±4.02	13.89±6.91
Prosečan šum (100kV)	24.73±5.17	20.85±6.64	10.47±2.60
Kontrast (100kV)	9.19±5.09	11.06±5.32	26.86±15.59

4. PREDNOSTI ITERATIVNIH METODA REKONSTRUKCIJE U ODNOSU NA STANDARDNE TEHNIKE

Iterativne metode rekonstrukcije su se pokazale kao mnogo bolje u odnosu na klasične tehnike rekonstrukcije kao što je FBP. Njihova najveća prednost je što može da se koristi manja doza zračenja u odnosu na FBP, da bi se dobila slika dobrog kvaliteta. Takođe, kod IR šum na slici i artefakti su manji. Kontrast slike je bolji kod iterativnih tehnika pa samim tim se i strukture na slici bolje vide. Krajnji kvalitet slike je bolji i lekarima je lakše da ustanove dijagnozu na osnovu slike koja je rekonstruisana uz pomoć iterativnih metoda. Razvoj iterativnih metoda rekonstrukcije doveo je do brojnih prednosti, tako da se lekari sve češće odlučuju za IR pogotovo kod dece, i pacijenata koji često moraju da se podvrgnu CT snimanju. Metode iterativne rekonstrukcije se koriste ukoliko vreme za koje će dobiti CT snimak nije presudno [5,6].

5. ZAKLJUČAK

Razvijeni tehnički pristupi za smanjenje doze zračenja kod CT-a putem poboljšanja hardvera CT skenera i mehanizama akvizicije, nisu bili dovoljni da se značajnije utiče na smanjenje degradaciju kvaliteta slike uzrokovane povećanjem šuma i većom osetljivosti na artefakte. Izloženost velikom zračenju tokom CT-a izaziva veliku zabrinutost lekara i šire javnosti zbog eventualnih štetnih posledica posebno u pedijatrijskoj populaciji. Cilj lekara jeste da imaju dobre uređaje koji će da obezbede dovoljno kvalitetne slike a da je pacijent pri tom izložen što je moguće manjoj dozi zračenja. Zato se istraživalo koja tehnika rekonstrukcije može da da dovoljno dobru sliku, a da zračenje bude što manje.

Metode iterativne rekonstrukcije slike pokazale su se kao izuzetno perspektivne za primenu u kliničkoj praksi. Kliničke studije pokazale su da je IR bolja u odnosu na tradicionalnu rekonstrukciju filtrirane povratne projekcije, kako zbog smanjenog šuma, manje doze zračenja tako i zbog povećanog kontrasta i ukupnog kvaliteta slike. Razvijene su različite metode iterativne rekonstrukcije, ali se u praksi za sada najbolje pokazala iterativna rekonstrukcija zasnovana na modelu.

IR algoritmi se stalno unapređuju kako bi se dobila što bolja slika u što kraćem roku uz maksimalno smanjenje zračne doze kojoj je pacijent tokom snimanja izložen. Naime, najveći nedostatak iterativne rekonstrukcije u odnosu na FBP jeste što zahteva više vremena kako bi se formirala slika, a u nekim slučajevima vreme je kritični parametar. Imajući u vidu stalni napredak tehnologije, u skorijoj budućnosti može se očekivati šira primena metoda iterativne rekonstrukcije u kliničkoj praksi.

6. LITERATURA

- [1] R. Kramme, K.P. Hoffmann, R.S. Pozos, "Springer Handbook of Medical Technology", Berlin-Heidelberg, Springer, 2011
- [2] <https://euromedic.rs/pregledi/dijagnostika/multislajsni-skener-msct/ct-pregled-skener-karlice/>, (pristupljeno u avgustu 2022.)
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/CT_scan, (pristupljeno u avgustu 2022.)
- [4] W. P. Shuman, "Iterative Reconstruction in CT: What Does It Do? How Can I Use It?" <https://www.imagewisely.org/-/media/Image-Wisely/Files/CT/IW-Shuman-ASIR.pdf> (pristupljeno u avgustu 2022.)
- [5] R.N. Southard, D.M.E. Bardo, M.H. Temkit, M.A. Thorkelson, R.A. Augustyn, and C.A. Martinot, "Comparison of Iterative Model Reconstruction versus Filtered Back-Projection in Pediatric Emergency Head CT: Dose, Image Quality, and Image-Reconstruction Times", AJNR, Vol.40, pp 866-871, maj 2019.
- [6] Y. Xu, T.T. Zhang, Y.H. Hu, J. Li, H.J. Hou, Z. S. Xu, W. He, "Effect of iterative reconstruction techniques on image quality in low radiation dose chest CT: a phantom study", Diagn Interv Radiol, Vol. 25, pp 442-450, Nov 2019

Kratka biografija:



Vesna Surla rođena je u Novom Sadu 20.03.1997. god. 2016.god upisala je Biomedicinsko inženjerstvo na fakultetu tehničkih nauka. Diplomirala je 2021. godine, kada je upisala i master studije. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Biomedicinskog inženjerstva odbranila je 2022.god.