



IZDVAJANJE POJEDINAČNIH ZUBA SA SNIMKA VILICE DOBIJENOG KOMPJUTERIZOVANOM TOMOGRAFIJOM

EXTRACTION OF INDIVIDUAL TEETH FROM THE IMAGES OF THE JAW OBTAINED BY COMPUTERIZED TOMOGRAPHY

Jovana Jevremov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu biće opisan metod za izdvajanje pojedinačnih zuba sa snimaka vilice dobijenih kompjuterizovanom tomografijom. Trodimenzionalni snimci sastoje se iz setova uzastopnih dvodimenzionalnih slika čija će se obrada vršiti. Za obradu snimaka korišćena je programska platforma Matlab. Cilj rada bilo je određivanje početka i kraja prikazivanja svakog od zuba, kao i njegovo izdvajanje u prostoru. Naglasak je stavljen na mogućnosti korišćenja programske platforme Matlab za ovakve i slične primene.

Ključne reči: segmentacija, kompjuterizovana tomografija, zubi, Matlab

Abstract – This paper will describe method for isolating individual teeth from jaw images obtained by computed tomography. Three-dimensional images consist of sets of consecutive two-dimensional images that will be processed. The Matlab software platform was used to process the recordings. The aim of the study was to determine the beginning and end of the presentation of each of the teeth, as well as its separation in space. The accent was on the possibility of using the Matlab software platform for such and similar applications.

Keywords: segmentation, computerized tomography, teeth, Matlab

1. UVOD

Ideja ovog rada bila je obrada rendgenskih snimaka zuba i izvlačenje potencijalno korisnih informacija koje bi svoju primenu pronašle u medicini, antropologiji i forenzici. Informacija koje bi se mogle dobiti obradom rendgenskih snimaka zuba su značajne – osim medicinskih primena koje su globalno zastupljene i predstavljaju stomatološki alat, forenzičke primene koja je u današnje vreme široko rasprostranjena, postoji i ne sasvim istraženo polje obrade informacija koje bi bile od antropološkog značaja u oblastima kao što je arheologija.

2. BAZA PODATAKA

Uzorci potiču od ljudskih ostataka pronađenih na nekoliko mezolitskih (od ~9700 do ~6160 godine pre nove ere) i neolitskih (~6500 godine pre nove ere) nalazišta sa teritorije centralnog Balkana [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Branko Brkljač.

Svi uzorci obrađeni u ovom radu jesu jednokoreni zubi. Ukupno 90 uzoraka pripadalo je osobama oba pola i različitih starosnih dobi. Snimci zuba dobijeni su kompjuterizovanom tomografijom sa konusnim snopom. Baza podataka sastoji se iz jedanaest skupova od oko dvesta uzastopnih 2D snimaka koji čine po jedan 3D prikaz vilice.

Rezolucija slika je 266×266 piksela, dok je raspon vrednosti od 0 do 4096.

3. KOMPJUTERIZOVANA TOMOGRAFIJA SA KONUSNIM SNOPOM

Kompjuterizovana tomografija s konusnim snopom (eng. *Cone-Beam Computed Tomography* - CBCT) je varijacija tradicionalne kompjuterske tomografije koja se koristi u medicinskim primenama. CBCT sistem prikuplja informacije upotrebom rendgenskog snopa u obliku konusa, koje potom koristi za rekonstrukciju 3D slike regiona od interesa.

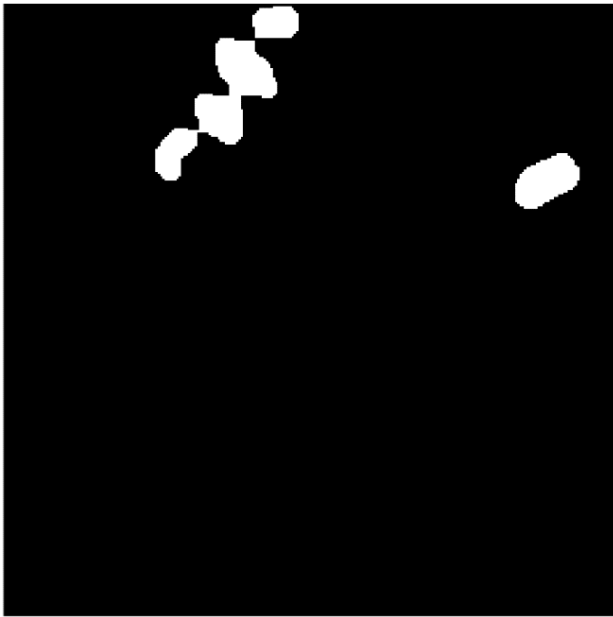
CBCT nudi veću rezoluciju, oštriju sliku i smanjenje šuma nastalog usled metala korišćenih u ortodontici, u poređenju sa klasičnom kompjuterizovanom tomografijom.

4. OBRADA SLIKA

Cilj obrade ulaznih slika bio je da se na svakoj od njih izdvoje pojedinačni zubi, odnosno, da se jasno definiše koji pikseli pripadaju zubu, a koji pozadini. Segmentacija slike implementirana je u nekoliko koraka. Za svaki zub određen je region od interesa koji će se posmatrati, zatim su regioni binarizovani – podeljeni na dve klase (ono što jeste zub i ono što nije) i na kraju su određene konture koje oivičavaju zub.

4.1. Određivanje regiona od interesa

Da bi se svaki zub izdvojio što je bolje moguće, potrebno je detektovati sliku početka i sliku kraja. Pri tomr treba uzeti u obzir da su zubi međusobno različitih dimenzija i da se slike početaka odnosno krajeva razlikuju za skoro svaki zub. Početak svakog zuba zauzima malu površinu koja je na slici predstavljena sa svega par piksela, te svaki šum predstavlja značajnu smetnju detekciji. Primer greške u detekciji zuba usled dejstva šuma prikazan je na slici 1. Da bi se uticaj globalnog šuma, stohastičke prirode, što bolje eliminisao, potrebno je bilo smanjiti region koji se posmatra – željeni segmenti zuba lakše će se uočiti na malom delu slike koji obuhvata samo region u kojem se očekuje pojavljivanje zuba, nego na celoj slici.



Slika 1. Uticaj šuma kada se posmatra globalna slika

Određivanje regiona koji će se posmatrati izvršeno je na sledeći način:

Od svih ulaznih slika uzeta je jedna sa sredine kao referenca za pozicije zuba. Pretpostavljeno je da je na nekom od središnjih preseka površina svakog zuba najveća, te će i detekcija zuba biti lakša.

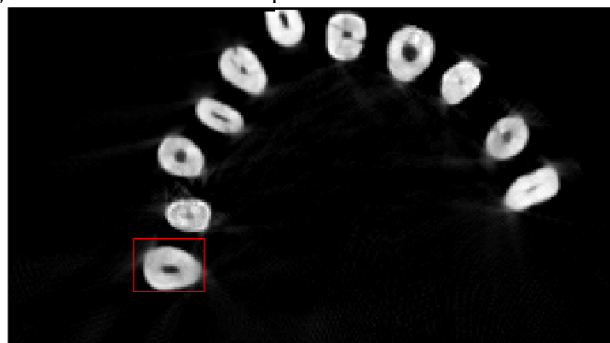
Odabrani presek filtriran je Vinerovim filtrom, a zatim je izvršena binarizacija poređenjem sa pragom. Do vrednosti praga došlo se empirijskim putem.



Slika 2. Centralna binarizovana slika

Nad dobijenom slikom određeni su centriodi zasebnih zuba kao i minimalni prozori kojima se zubi mogu izdvojiti, odnosno, određeni su regiona od interesa.

Na slici 3. prikazana je neobrađena slika sa izdvojenim jednim zubom ovičnim prozorom.



Slika 3. Prikaz regiona od interesa na neobrađenoj slici

Sva dalja obrada realizovana je za svaki zub pojedinačno, nad odgovarajućim regionom.

4.2. Određivanje krajeva zuba

Kada se, umesto na celoj slici, segment zuba traži samo nad regionom od interesa, otklanja se uticaj vrednosti piksela okolnih zuba kao i značajan deo šuma. Detekcija početaka odnosno krajeva zasniva se na činjenici da vrednosti piksela koji predstavljaju zub imaju znatno veće vrednosti od okoline.

Empirijskim putem došlo se do optimalne vrednosti koja predstavlja granicu između vrednosti piksela zuba i vrednosti piksela koji nisu zubi. Primećen je nagli skok maksimalne vrednosti u regionu od interesa između dve uzastopne slike – prve pre pojavljivanja obrisa zuba i slike na kojoj se pojavljuje početak zuba.

Regioni u kojima se pojavljuje zub imaju vrednosti piksela veće od 3000. Zahvaljujući ovom zapažanju, detekcija početaka i krajeva pojavljivanja zuba je omogućena.

Da bi se eliminisao potencijalni uticaj šuma, u obzir su uzeti najduži neprekidni nizovi slika koji u sebi sadrže barem jedan piksel čija je vrednost veća od 3000.

Nakon što je za svaki zub poznato na kojem preseku počinje i završava se, urađena je binarizacija slika.

4.3. Binarizacija slika

Ilustracija binarizacije regiona od interesa može se videti na slici 4. Binarizacija je izvršena ugrađenom Matlabovom funkcijom *imbinarize* koja koristi Ocuov metod.



Slika 4. Binarizacija regiona od interesa

4.3.1 Ocuov metod

Ocuov metod zasniva se na pronalaženju optimalnog globalnog praga. Intenziteti piksela na slici kreću se u mogućem opsegu od 0 do $L-1$, tj. ukupno L nivoa. Upotreba praga t piksele slike deli u dve klase $C_0(t)$ i $C_1(t)$, pri čemu jednoj pripadaju pikseli koji imaju intenzitet manji od praga, a drugoj klasi pikseli koji imaju intenzitet veći od praga, [3].

Ocuov metod bira prag koji maksimizuje međuklasnu varijansu, odnosno prag koji piksele deli tako da odnos međuklasne varijanse $\sigma_w^2(t)$ i globalne varijanse bude najveći. Međuklasna varijansa definiše se izrazom:

$$\sigma_w^2(t) = P_0(t)P_1(t)[\mu_0(t) - \mu_1(t)]^2 \quad (1)$$

gde $P_0(t)$ i $P_1(t)$ predstavljaju verovatnoće klase u odnosu na izabrani prag t , a $\mu_0(t)$ i $\mu_1(t)$ srednje vrednosti klase $C_0(t)$ i $C_1(t)$, respektivno.

Ocuov metod poredi vrednosti međuklasne varijanse $\sigma_w^2(t)$ i bira optimalni prag t^* za koji je ona najveća:

$$\sigma_w^2(t^*) = \max_{0 < t < L-1} \sigma_w^2(t) \quad (2)$$

Nakon što je optimalni prag određen, binarizacija slike vrši se jednostavnom metodom poređenja sa pragom.

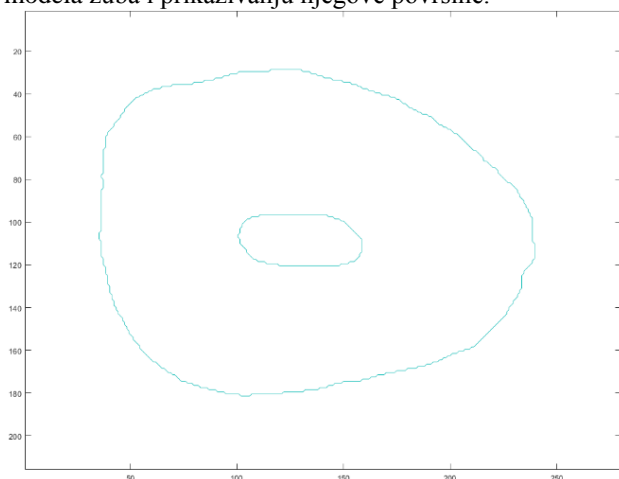
4.3.2 Potencijalne primene binarizovane slike

Sliku binarizovanu na gore opisani način moguće je iskoristiti za različite primene. Korišćenjem ugrađene Matlabove funkcije *regionprops* mogu se, vrlo jednostavno dobiti obeležja zuba kao što su orijentacija na slici, površina koju obuhvata deo označen logičkom vrednošću 1, obim objekta i razna druga. Ovakve informacije mogu biti veoma korisne u slučaju obučavanja neuronske mreže, kao u slučajevima ispitivanja morfoloških karakteristika zuba.

Takođe, uz pomoć određenih aproksimacija, mogla bi se odrediti zapremina zuba. Na osnovu odnosa zapremine zubne kosti i pulpe, moguće je ustanoviti uzrast osobe kojoj zub pripada, [4].

4.4. Određivanje kontura

Dobijanjem kontura nad, na prethodno opisan način, binarizovanim slikama, omogućava se dalja obrada i prikupljanje informacija o posmatranim uzorcima. Kontura prikazana na slici 5. dobijena je upotrebom ugrađene Matlabove funkcije *imcontour*. Ovi rezultati se dalje mogu primeniti pri konstrukciji matematičkog modela zuba i prikazivanju njegove površine.



Slika 5. Kontura izdvojenog zuba

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je jedan pristup za izdvajanje pojedinačnih zuba sa 3D snimaka vilice dobijenih metodom kompjuterizovane tomografije sa konusnim snopom. Ovakvi snimci su veoma pogodni za dalju obradu jer omogućavaju izdvajanje širokog spektra informacija kao i formiranje matematičkog modela zuba. Kao takav opisani metod bi mogao da nađe primenu u rešavanju regresionih problema razmatranih u [4].

5. LITERATURA

- [1] K. Penezic, M. Porcic, P.K. Urban, U. Wittwer-Backofen, S. Stefanovic, "Stressful times for women - Increased physiological stress in Neolithic females detected in tooth cementum", *Journal of Archaeological Science*, Septembar 2020.
- [2] <https://www.sierraendo.com/files/2018/09/Carestream.pdf> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [3] <https://hbyacademic.medium.com/otsu-thresholding-4337710dc519> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [4] S. Kazmi, S. Mânica, G. Revie, S. Shepherd, M. Hector, "Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis", *International Journal of Legal Medicine*, Avgust 2019

Kratka biografija:



Jovana Jevremov rođena je u Zrenjaninu 1997. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranila je 2020. godine čime je stekla zvanje diplomiranog biomedicinskog inženjera. Iste godine upisala je master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer biomedicinsko inženjerstvo. Ispite na master studijama je položila 2021. godine i time stekla uslov za odbranu master rada.

kontakt: jevremov.jovana@gmail.com