

# Detektovanje kancera dojke na termovizijskoj slici primenom metode za klasifikaciju i neuniformne kvantizacije

Marina Milošević, Dragan Janković, Aleksandar Peulić i Đorđe Damnjanović

**Apstrakt**—U ovom radu je predstavljen sistem za otkrivanje raka dojke zasnovan na analizi termovizijskih slika dojke, koji obuhvata klasifikaciju termovizijskih slika baziranu na analizi tekstura slike i segmentaciju slika u cilju lokalizacije kancera. Predloženi sistem se sastoji od tri osnovna modula: izdvajanja područja od interesa, klasifikacije termograma na uzorke sa i bez kancera i segmentacije termograma sa kancerom. Nakon izdvajanja područja od interesa, za svaki termogram je izdvojeno ukupno 20 osobina tekstura slike. Efektivnost primene izdvojenih osobina ispitana je pomoću tri klasifikacione metode, i to: metode zasnovane na podržavajućim vektorima, metode koja koristi metodu k-najbližih suseda i Naivne Bajesove metode. Za efikasno korišćenje podataka prilikom klasifikacije, korišćena je metoda kros-validacije, dok je procena efikasnosti primenjenih klasifikacionih metoda izvršena pomoću matrice konfuzije i ROC krive (eng. Receiver Operating Characteristic curve). Metoda k-najbližih suseda sa tačnošću klasifikacije 94%, pokazala se kao najbolji izbor za klasifikaciju termograma dojki. Nakon toga, u cilju lokalizovanja obolelog tkiva, na slike koje su prepoznate kao pozitivne je primenjena tehnika neuniformne kvantizacije. Sudeći po rezultatima, ova metoda segmentacije slike omogućava izdvajanje gotovo tačnog oblika tumora.

**Ključne reči**—Detektovanje kancera dojke; Klasifikacija; Segmentacija; Termovizija.

## I. UVOD

Rak dojke je najčešća vrsta malignog tumora i jedan od vodećih uzroka prevremene smrti kod žena širom sveta. Ako se bolest otkrije u ranoj fazi razvoja procenat izlečenja drastično raste, pa je neophodno otkriti je što je moguće ranije. Dijagnostička metoda koja se danas najčešće koristi za rano otkrivanje raka dojke je mamografija. Iako se mamografija smatra zlatnim standardom za rano otkrivanje tumora dojke, efikasnost ove metode je znatno smanjena kod mlađih žena zbog izrazito gustog tkiva dojke [1]. Pored toga, kao i svaka druga dijagnostička metoda koja se bazira na rendgenskom zračenju, mamografija izlaže pacijente odgovarajućem nivou zračenja, a ovo ozračivanje predstavlja

Marina Milošević – Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: [marina.milosevic@ftn.kg.ac.rs](mailto:marina.milosevic@ftn.kg.ac.rs)).

Dragan Janković – Elektronski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: [Dragan.Jankovic@elfak.ni.ac.rs](mailto:Dragan.Jankovic@elfak.ni.ac.rs)).

Aleksandar Peulić – Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija (e-mail: [aleksandar.peulic@gmail.com](mailto:aleksandar.peulic@gmail.com)).

Đorđe Damnjanović – Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: [djordje.damnjanovic@ftn.kg.ac.rs](mailto:djordje.damnjanovic@ftn.kg.ac.rs)).

jedan od faktora rizika za nastanak kancera.

Postoje i druge dijagnostičke metode koje karakteriše bezbednost pacijenta jer se ne izlažu zračenju, među kojima je termovizija. Termovizija je brza, jednostavna, neinvazivna metoda koja posredstvom termovizijske kamere detektuje infracrvene zrake emitovane sa površine objekta i na taj način obezbeđuje podatke o njenoj temperaturnoj raspodeli [2]. Rezultat termovizijskog snimanja je termogram, koji prikazuje sliku temperature raspodele na površini posmatranog objekta, u nijansama sive boje ili nekoj drugoj paleti boja.

Sa obzirom da je kancer posledica nekontrolisanog umnožavanja genetički defektnih ćelija, kada dođe do ubrzanog umnožavanja prekancerogenih i kancerogenih ćelija, javlja se pojačana potreba za hranljivim materijama u okolnom tkivu. Potrebe brzog tumorskog rasta zadovoljavaju se proširivanjem postojećih i stvaranjem novih krvnih sudova, koja izazivaju toplotne promene unutar tkiva. Detektovanjem malih povećanja temperature, koja su uzrokovana pojačanom vaskularizacijom u kancerogenim stanicama, termovizija je u stanju da otkrije pojavu prvih prekancerogenih ćelija [3].

Ova dijagnostička metoda pogodna je za snimanje pacijentkinja svih starosnih doba, trudnica i doilja. Može se primenjivati i kod implantata, operisanih žena, kao i za praćenje određenih stanja lečenja. Za razliku od mamografije, termovizija je posebno dobar izbor za mlađe žene, čije tkivo dojke ima tendenciju da bude gušće. Primenom ove metode ne dobijaju se zbunjujući prikazi fibrocističnih tkiva, implantata i ožiljak koji zahtevaju dodatne preglede, kao što je to slučaj kod drugih dijagnostičkih metoda. Efikasna je i u otkrivanju promena u području pazuha.

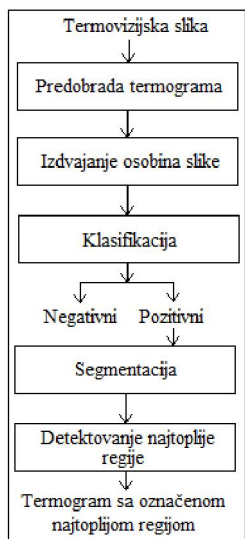
U procesu detekcije tumora dojke termovizija može da se koristi za rano otkrivanje anomalija pre nego što se klinički manifestuju, za definisanje proširenosti lezije koja je predhodno dijagnostikovana, za praćenje toka bolesti, kao i za procenu efikasnosti pojedinih terapijskih procedura. Ipak, treba naglasiti da termovizija nije dijagnostička metoda koja sa sigurnošću potvrđuje postojanje raka dojke, već samo marker koji ukazuje da li je potrebno nastaviti sa daljim ispitivanjem.

Sl. 1 prikazuje blok dijagram predloženog sistema za detekciju kancera dojke. U fazi predobrade izdvojeno je područje od interesa, koje podrazumeva dojkicu izdvojenu iz pozadine slike, a zatim je nova slika konvertovana u sivoskaliranu sliku.

Nakon toga, izdvojene su različite osobine tekstura slike. Postoji veliki broj metoda za izdvajanje različitih osobina slike, a izbor se vrši zavisno od toga koje su osobine potrebne

za dalju analizu. Zatim, algoritmi za klasifikaciju vrše kategorizaciju uzoraka, sačinjenih od jedne ili više osobina, u odgovarajuće klase prema određenoj klasifikacijskoj šemi. Tačnost klasifikacije uzoraka zavisi kako od izbora odgovarajućih osobina koje se dovode na ulaz klasifikatora tako i od izbora samog klasifikatora.

Sledeći korak u procesu obrade termograma dojki je segmentacija termograma koji su prethodno klasifikovani kao uzorci sa tumorom. Krajnji cilj ove faze obrade termograma je obeležavanje obolelog tkiva na termogramu. Oblik i veličina otkrivenog tumora mogu pružiti važne informacije o ovoj bolesti, kao što su stadijum razvoja, tip tumora itd. [4].



Sl. 1. Blok dijagram predloženog sistema za detekciju kancera dojke.

## II. PRIMENJENE METODE

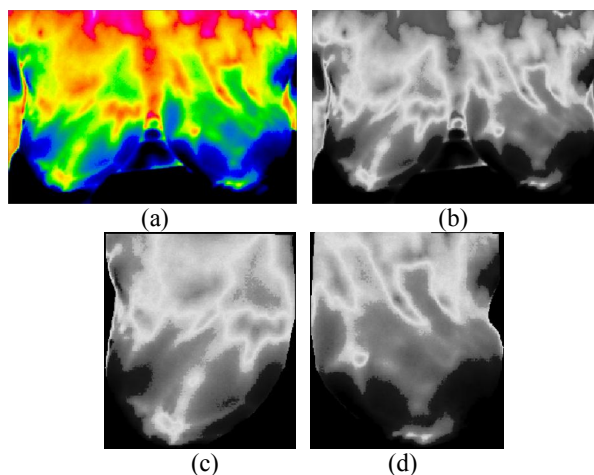
### A. Korišćene termovizijske slike

U ovom istraživanju analizirano je i testirano 50 termovizijskih slika dojke, uključujući 36 termograma zdravih dojki i 14 termograma dojki kod kojih je potvrđeno prisustvo kancera, primenom dijagnostičkih metoda kao što su mamografija, ultrazvuk i magnetna rezonanca. U cilju dobijanja zadovoljavajućih termograma, uslovi snimanja su bili striktno definisani i jednaki za sve pacijentkinje. Poznato je da faktori okoline utiču na emitovanje toplote, pa je iz tog razloga snimanje vršeno u prostoriji sa konstantnom temperaturom od 20-23°C. S obzirom na to da na temperaturu kože utiču bazalni metabolizam i metabolizam uzrokovan mišićnom aktivnošću, najmanje sat vremena pre snimanja, pacijentkinje nisu konzumirale obilne obroke i tople napitke, niti su koristile kozmetičke preparate. Pored toga, fizička aktivnost je svedena na minimum. U cilju postizanja termalne ravnoteže, deo tela koji se snima je bio bez odeće najmanje 15 minuta pre snimanja. Vizualizacija temperature raspodele sa površine kože dojke izvršena je primenom termovizijske kamere Varioscans 3021ST. Za obradu termograma korišćen je grafički orijentisan softverski paket IRBIS™ V2.0.

### B. Izdvajanje područja od interesa

Izdvajanje područja od interesa kod termograma dojki, koje podrazumeva izdvajanje dojki iz pozadine, je važan postupak kod analize termograma jer zbog načina nastanka, svaki termogram pored dojki sadrži i druge delove tela, npr. ruke, grudi, stomak. Veoma često se dešava da su ti drugi delovi tela topliji od samih dojki. Takođe, kod većih i spuštenijih dojki dolazi do zagrevanja ivica dojki usled kontakta sa telom.

Uzimajući u obzir prirodu termovizijskih slika, područje od interesa je ručno izdvojeno iz originalnog termograma dojke. Termovizijska slika dojki jedne pacijentkinje prikazana je na Sl. 2. Kao što je prikazano na Sl. 2(a), svaki deo tela ima specifičnu boju i svaka boja označava određenu temperaturu. Sl. 2(b) predstavlja isti termogram prikazan u nijansama sive boje. Poslednja dva dela Sl. 2 prikazuju izdvojeno područje od interesa tj. izdvojenu desnu i levu dojku.



Sl. 2. Termovizijska slika dojki: (a) Originalni termogram, (b) Termogram prikazan u nijansama sive boje, (c) Izdvojena desna dojka, (d) Izdvojena leva dojka.

### C. Klasifikacija termograma

Klasifikacija uzoraka podrazumeva razvrstavanje uzoraka u prethodno definisane klase. Svaki uzorak sačinjen je od skupa atributa (osobina ili obeležja) koji ga opisuje i oznake klase kojoj pripada. U procesu klasifikacije, ulazni podaci se dele na podatke za učenje i podatke za testiranje. Na osnovu podataka za učenje, poznatog skupa atributa i poznate oznake klase, vrši se obučavanje klasifikatora. Zatim, tako obučeni klasifikator pridružuje podatke sa poznatim atributima i nepoznatom oznakom klase, nekoj od klasa. Na osnovu podataka za testiranje se vrši određivanje tačnosti klasifikacije korišćenjem neke od mera evaluacije.

Prilikom kategorizacije termograma u određene klase, na ulaz klasifikatora dovode se osobine tekstura izdvojene iz termograma primenom neke od postojećih metoda za izdvajanje osobina slike. Jedna od najčešće korišćenih statističkih metoda za izdvajanje osobina tekstura iz slike je kookurensna matrica. Svaki element kookurensne matrice predstavlja procenu verovatnoće pojavljivanja para piksela određenih inteziteta u određenom regionu, na nekom rastojanju  $d$ . Zbog toga je ova statistička metoda dobila naziv

*statistika združenog pojavljivanja nivoa sivog* (eng. Gray level cooccurrence - GLC).

GLC matrica nastaje izračunavanjem koliko često se piksel vrednosti inteziteta  $i$  pojavljuje zajedno sa pikselom vrednosti inteziteta  $j$ , na određenom rastojanju  $i$  u određenom pravcu. Svaki element  $(i, j)$  u rezultujućoj GLC matrici predstavlja sumu broja zajedničkog pojavljivanja piksela inteziteta  $i$  i piksela inteziteta  $j$ . Broj nivoa sivog tj. broj različitih vrednosti inteziteta piksela na slici određuje dimenzije GLC matrice.

Jedna GLC matrica nije uvek dovoljna za opisivanje teksturalnih karakteristika ulazne slike. Na primer, GLC matrica izračunata za ugao  $0^\circ$  možda neće biti osetljiva na teksture sa vertikalnom orijentacijom. GLC matrice (GLCM) se mogu izračunavati za 4 orijentacije:  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  i  $135^\circ$ .

Nakon kreiranja GLC matrica potrebno je iz njih izvući korisne informacije, statističke podatke o teksturama. U ovom radu analizirano je ukupno 20 osobina teksura slike. Osobine teksura, Angular Second Moment (Energy), Contrast, Correlation, Variance, Inverse Difference Moment (Homogeneity), Sum Average, Sum Variance, Sum Entropy, Entropy, Difference Variance, Difference Entropy, Information Measure of Correlation 1 i Information Measure of Correlation 2, je predložio Haralick [5], Soh [6] je definisao osobine Autocorrelation, Dissimilarity, Cluster Shade, Cluster Prominence i Maximum Probability, a Inverse Difference Normalized i Inverse Difference Moment Normalized su osobine koje je opisao Clausi [7].

U cilju poređenja rezultata klasifikacije i pronalaženja najboljeg klasifikacionog rešenja, za kategorizaciju termograma primenjena su tri različita klasifikaciona modela: metoda podržavajućih vektora (eng. Support Vector Machine-SVM), metoda k-najbližih suseda (eng. K-Nearest Neighbor - k-NN) i Naivna Bajesova metoda.

U pitanju je binarna klasifikacija, kod koje su definisane samo dve klase kojima mogu pripadati uzorci. Kategorije kojima se pridružuju uzorci su: termogrami sa kancerom i termogrami bez kancera.

#### D. Segmentacija termograma

Lokalizacija tumora na termovizijskoj slici dojke je važan korak u analizi termograma, jer se na osnovu oblika i veličine izdvojenog tumora mogu definisati neke karakteristike tumora, kao što su vrsta tumora i stadijum razvoja tumora.

Kvantizacija slike je postupak kojim se smanjuje broj boja na slici. Prilikom kvantizacije slike, pikseli slike se grupišu u nekoliko segmenata, a zatim se svakom pikselu unutar segmenta dodeljuje nova vrednost piksela. Nova vrednost piksela je ista za sve piksele unutar jednog segmenta. Broj segmenata, odnosno broj nivoa kvantizacije je jednak zadatom broju različitih boja u izlaznoj slici.

Prema opštoj podeli, postoje dve metode kvantizacije: uniformna kvantizacija i neuniformna kvantizacija. U cilju određivanja mesta patološkog zbivanja u dojci, na termogramu je primenjena metoda kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja vrednosti, koja pripada neuniformnim postupcima kvantizacije.

Uniformna kvantizacije i kvantizacija sa kriterijumom minimalnog odstupanja se razlikuju prema načinu na koji se deli slika tj. grupišu pikseli. Kod uniformne kvantizacije slika

se deli na segmente jednake veličine, dok se kod kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja slika deli na segmente različitih veličina. Veličina svakog segmenta zavisi od rasprostranjenosti boja na slici.

### III. REZULTATI I DISKUSIJA

Zbog svoje tačnosti i veoma dobrih rezultata u praktičnoj primeni, za kvantitativnu karakterizaciju tekstura termograma dojki primenjena je GLC metoda. Za svako područje od interesa izdvojeno iz termograma izračunate su četiri GLC matrice koje odgovaraju pravcima  $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  i rastojanju  $d=1$  piksel. Prema tome, za svako obeležje tekture slike izdvojene su četiri vrednosti koje odgovaraju svakoj od četiri GLC matrice. Izračunavanjem njihove prosečne vrednosti, dobijene su vrednosti obeležja tekture na osnovu kojih će se vršiti klasifikacija uzoraka. Analizirano je ukupno 20 obeležja teksura slike, izdvojenih pomoću GLC matrice.

Za klasifikaciju termograma korišćena su tri različita klasifikatora: klasifikator zasnovan na podržavajućim vektorima, klasifikator koji koristi metodu k-najbližih i Naivni Bajesov klasifikator.

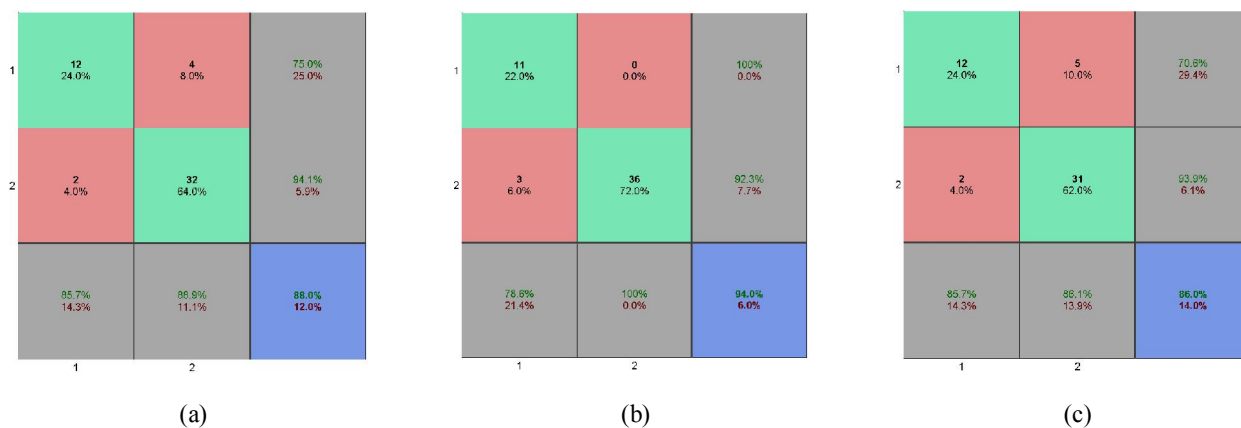
Veoma mali broj raspoloživih termovizijskih slika dojke zahteva maksimalno iskorišćenje svih raspoloživih uzoraka, zbog čega je primena metode kros-validacije neophodna. Primenom ove metode, skup termograma dojki nasumično je podeljen na  $K=5$  jednakih delova. U svakoj od 5 iteracija obučavanja i testiranja, jedan skup slika je testiran, dok su preostala 4 skupa korišćena za obučavanje. Pri tom se, za skup slika koji je testiran dobijaju 4 rezultata klasifikacije na osnovu korišćenja 4 skupa za učenje. Izračunavanjem srednje vrednosti dobijena 4 rezultata, dobijen je konačan rezultat klasifikacije testiranog dela uzoraka.

Procena kvaliteta klasifikacije izvršena je pomoću matrice konfuzije (Sl. 3). Dijagonalna polja matrica konfuzije prikazanih na Sl. 3, predstavljaju broj ispravno klasifikovanih uzoraka, dok polja van dijagonale prikazuju broj pogrešno klasifikovanih uzoraka. Plavo polje u donjem desnom delu matrice prikazuje ukupan procenat ispravno klasifikovanih uzoraka (iz polja označenih zelenom bojom) i ukupan procenat pogrešno klasifikovanih uzoraka (iz polja označenih crvenom bojom).

Siva polja označena brojevima 1 i 2 prikazuju senzitivnost i specifičnost klasifikacije, respektivno. Senzitivnost meri tačnost predviđanja pozitivnih uzoraka, dok specifičnost predstavlja meru tačno predviđenih negativnih uzoraka.

Siva polja u trećoj koloni matrica konfuzije prikazuju preciznost tj. prediktivnu vrednost pozitivnog rezultata i prediktivnu vrednost negativnog rezultata. Prediktivne vrednosti pozitivnog i negativnog rezultata su proporcije ispravno i pogrešno klasifikovanih uzoraka u odnosu na sve pozitivne, odnosno negativne rezultate.

Rezultati prikazani na Sl. 3, pokazuju da ne postoji neka značajna razlika u pogledu tačnosti klasifikacije, između SVM i Naivne Bajesove klasifikacije. SVM klasifikator, sa tačnošću klasifikacije od 88% i Naivni Bajesov klasifikator sa klasifikacionom tačnošću od 86%, pružaju sasvim zadovoljavajuće rezultate klasifikacije. Vrednosti senzitivnosti i specifičnosti izražene u procentima su veoma slične i veoma su blizu idealnim vrednostima.



Sl. 3. Procena kvaliteta klasifikacije termograma dojke pomoću matrice konfuzije: (a) SVM klasifikacija, (b) k-NN klasifikacija i (c) Naivna Bajesova klasifikacija

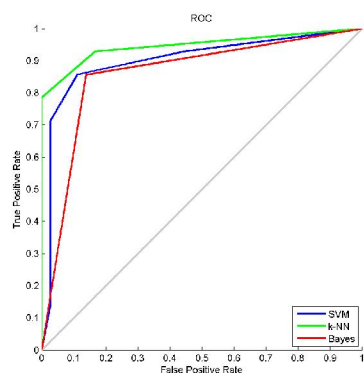
12 pogođenih pozitivnih uzoraka od ukupno 14, čini SVM metodu veoma osjetljivom, dok je 32 pogođena negativna uzorka od ukupno 36 čini i zadovoljavajuće specifičnom. Specifičnost Bajesove klasifikacije je za nijansu lošija u poređenju sa SVM klasifikacijom ali bez obzira na to, njena vrednost je i dalje veoma dobra.

Ako se izuzme mali broj uzoraka, k-NN klasifikator, sa tačnošću klasifikacije 94%, pokazao se kao najbolji izbor za klasifikaciju termograma dojki. Specifičnost od 100% i osjetljivost od 78.6% ukazuje na to da k-NN klasifikator lakše prepoznaje termograme bez tumora u odnosu na pozitivne termograme.

Pored izuzetno dobre tačnosti klasifikacije, 100% specifična klasifikacija je dovoljan razlog da ova klasifikaciona metoda bude izabrana za analizu termograma dojki.

Ukoliko mora da se bira između visoke senzitivnosti i visoke specifičnosti, mnogo je bolje i sigurnije odabrati metodu klasifikacije koja pruža veću senzitivnost jer će se na taj način izbeći neprepoznavanje uzoraka sa kancerom, što može prouzrokovati kasno otkrivanje bolesti kada lečenje nema efekta.

Rezultati klasifikacije termograma dojki grafički su predstavljeni pomoću tri ROC krive prikazane na Sl. 4.

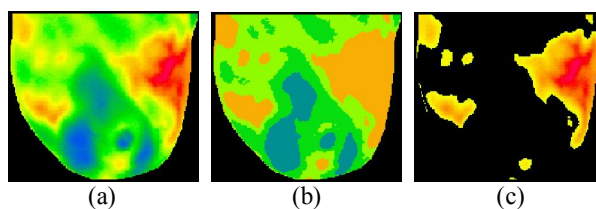


Sl. 4. Procena kvaliteta SVM, k-NN i Bajesove klasifikacije termograma dojke pomoću ROC krive.

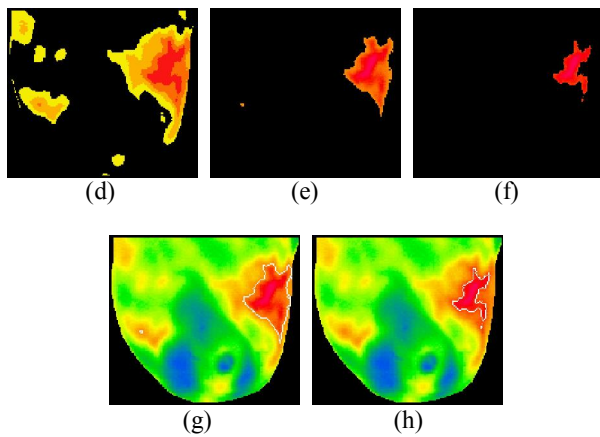
Što je ROC kriva bliža gornjem levom uglu, to je prepoznavanje pozitivnih i negativnih uzoraka efikasnije. Sl. 4 potvrđuje rezultate prikazane matricama konfuzije. Jasno je da je k-NN klasifikator najuspešniji u kategorizaciji termograma dojki. Za njim sledi SVM klasifikator, dok se Naivna Bajesova metoda pokazala kao najmanje diskriminativna kod klasifikovanja termovizijskih slika dojke.

Na Sl. 5 su prikazani rezultati procedure za izdvajanje najtoplijeg područja na termogramu. U pitanju je termogram pacijenta koji ima maligni tumor. Područje od interesa, odnosno, dojka izdvojena iz originalnog termograma, prikazana je u delu (a). Deo (b) prikazuje rezultat prve iteracije metode kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja vrednosti. Ova metoda kvantizacije može se implementirati kroz nekoliko iteracija ili kroz jednu iteraciju sa većim brojem kvantizacionih nivoa. Kvantizacija implementirana kroz više od jedne iteracije obezbeđuje bolju vidljivost rasporeda toplote na termogramu, a samim tim lakši odabir broja kvantizacionih nivoa. Deo (c) prikazuje veliku toplu regiju izdvojenu iz originalnog termograma nakon prve iteracije primenjene metode kvantizacije.

Sl. 5(d) prikazuje rezultat druge iteracije metode kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja vrednosti. Nakon druge iteracije primenjene metode kvantizacije, konačno je moguće izdvojiti prva dva najtoplija područja termograma dojki. Pomenuta topla područja, prikazana su u delovima (e) i (f). Poslednja dva dela Sl. 5 prikazuju izdvojena prva dva najtoplija područja i izdvojeno prvo najtoplije područje, označene na originalnom termogramu.







Sl. 5. Segmentacija termograma dojke sa tumorom: (a) izdvojena dojka, (b) rezultat prve iteracije kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja vrednosti, (c) topla regija izdvojena nakon prve iteracije, (d) rezultat druge iteracije kvantizacije sa kriterijumom minimalnog odstupanja vrednosti, (e) izdvojene prve dve najtoplije regije, (f) izdvojena prva najtoplija regija, (g) prve dve najtoplije regije označene na termogramu, (h) prva najtoplija regija označena na termogramu.

#### IV. ZAKLJUČAK

Cilj ovog naučnog istraživanja je da se pokaže da je termovizija metoda koja može da pomogne u dijagnostikovanju kancera dojke jer se bazira na otkrivanju povišene temperature iznad mesta patološkog zbivanja u dojci. Primenom termovizije moguće je detektovati pojedina stanja pre nego što se klinički manifestuju, zahvaljujući činjenici da je promena vrednosti temperature, često, prvi znak patološkog stanja.

Pokazano je da primenom predložene metode za klasifikaciju uzoraka, bazirane na analizi tekstura slike, termovizija može da pomogne kod dijagnostikovanja raka dojke jer ranije pomenute klasifikacione šeme uspešno razlikuju termograme dojki sa kancerom i termograme dojki bez kancera. Klasifikacija termovizijskih slika dojki pomoću SVM, k-NN i Naivnog Bajesovog klasifikatora, bazirana na obeležjima tekstura, pruža izuzetno dobre rezultate koje karakterišu tačnosti prepoznavanja od 88%, 94% i 86%. Takođe je pokazano da je primenom metoda segmentacije slike, kao što je neuniformna kvantizacija, moguće uspešno izdvojiti regiju zahvaćenu kancerom na termovizijskoj slici dojke.

Sa obzirom da je broj testiranih uzoraka ograničen, eksperimentalni rezultati predloženog sistema za otkrivanje raka dojke zasnovanog na analizi termovizijskih slika dojke, su obećavajući. Međutim, za obučavanje i testiranje klasifikatora neophodan je veći broj pozitivnih i negativnih uzoraka, kako bi se ova metoda detekcije kancera primenila u kliničkim situacijama.

Trenutno se svim pacijentkinjama određene starosti preporučuje da invazivne preglede, kao što je mamografija, obavljaju redovno, bez obzira na odsustvo znakova i

simptoma bolesti. Imajući u vidu da mamografija ima visoku stopu lažno pozitivnih rezultata, što vodi ponavljanju procesa koji pacijente dodatno izlažu još većem zračenju, preporuka je da se na invazivnije preglede upućuju samo one pacijentkinje kod kojih su manje invazivnom metodom, kao što je termovizija, ustanovljene sumnjive promene.

#### LITERATURA

- [1] G.C. Wishart, M. Campisi, M. Boswell, D. Chapman, V. Shackleton, S. Iddles, A. Hallett, P.D. Britton, "The accuracy of digital infrared imaging for breast cancer detection in women undergoing breast biopsy," *European Journal of Surgical Oncology*, vol. 36, no. 6, pp. 535-540, 2010.
- [2] E.Y.K. Ng, "A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumour," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 48, pp. 849-859, 2009.
- [3] S.C. Fok, E.Y.K. Ng, K.Tai, "Early detection and visualization of breast tumor with thermogram and neural network," *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, vol. 2, no. 2, pp. 185-195, 2002.
- [4] N. Golestani, M. EtehadTavakol, E.Y.K. Ng, "Level set method for segmentation of infrared breast thermograms," *EXCLI Journal*, vol. 13, pp. 241-251, 2014.
- [5] R. M. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein, "Textural features for image classification," *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*, vol. 3, no. 6, pp. 610-621, 1973.
- [6] L. K. Soh, C. Tsatsoulis, "Texture Analysis of SAR Sea Ice Imagery Using Gray Level Co-Occurrence Matrices," *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 37, no. 2, pp. 780-795, 1999.
- [7] D. A. Clausi, "An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization," *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 28, no. 1, pp. 45-62, 2002.

#### ABSTRACT

In this paper we present a system for breast cancer detection based on the analysis of thermal images of the breast, which includes the classification of thermal images, based on the image texture analysis, and segmentation of images in order to localize cancer. The proposed system consists of three main modules: the region of interest extraction, thermograms classification into samples with and samples without cancer and segmentation of thermograms with cancer. After extraction of region of interest, a total of 20 textural features are extracted from every thermogram. The effectiveness of applying extracted features is investigated using three classification methods: Support Vector Machine classifier, K-Nearest Neighbor classifier and Naive Bayes classifier. For efficient use of data in classification, we used the cross-validation method, while evaluation of the classification performance is performed using the confusion matrix and ROC curve. k-NN classifier with accuracy of classification of 94%, proved to be the best choice for the classification of breast thermograms. Subsequently, in order to localize the diseased tissue, nonuniform quantization is applied to the images that were identified as positive. According to results, this method of image segmentation enables extraction of almost exact shape of the tumor.

#### Thermography based breast cancer detection using classification method and nonuniform quantization

Marina Milošević, Dragan Janković, Aleksandar Peulić and Dorđe Damnjanović