

## DETEKTOVANJE MIKROKALCIFIKACIJA PRIMENOM VREDNOSTI GRADIJENTA PREWITT-OVOG OPERATORA

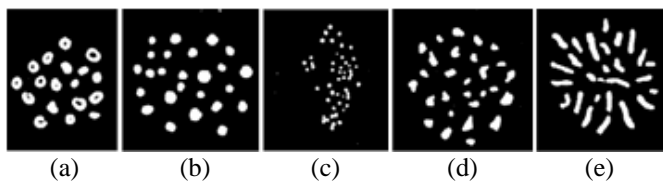
Marina Đoković, *Univerzitet u Kragujevcu, Tehnički fakultet Čačak, marina.m.djokovic@gmail.com*  
Đorđe Damnjanović, *Univerzitet u Kragujevcu, Tehnički fakultet Čačak, fic1707@gmail.com*  
Aleksandar Peulić, *Univerzitet u Kragujevcu, Tehnički fakultet Čačak, apeulic@tfc.kg.ac.rs*

**Sadržaj** – MikrokalCIFikacije su male grupe belih tačaka na mamogramu. One predstavljaju najraniji znak prisutnosti karcinoma dojke, tako da njihovo detektovanje ima ključni značaj za kontrolisanje razvoja ove bolesti. S druge strane, zbog malog kontrasta između mikrokalCIFikacija i pozadine i zbog neželjenog uticaja šuma, ponekad je vrlo teško detektovati mikrokalCIFikacije. U ovom radu prikazana je procedura za detektovanje mikrokalCIFikacija, bazirana na primeni gradijenta Prewitt-ovog operatora, u cilju povećanja verovatnoće otkrivanja pojedinačnih mikrokalCIFikacija na mamogramu. Nakon uklanjanja šuma sa mamograma, korišćenjem Diskretne Wavelet Transformacije (DWT), prvi korak je izdvajanje područja od interesa. Identifikovanjem ivice dojke, moguće je ukloniti sve objekte koji ne pripadaju području dojke, kao što su pločice sa oznakama, nejednako osvetljena pozadina i slično. Nakon toga, na izdvojeno područje je primenjen Prewitt-ov operator. MikrokalCIFikacije su detektovane povećanjem kontrasta slike dobijene Prewitt-ovim filtriranjem.

### 1. UVOD

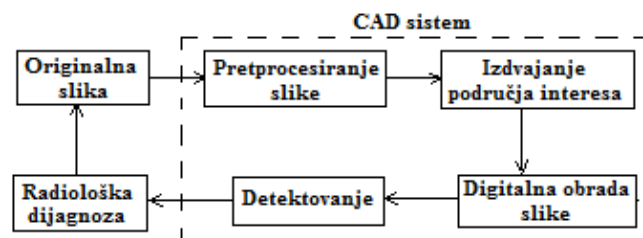
Tumor dojke je najčešća vrsta tumora kod žena širom sveta [1]. MikrokalCIFikacije su najvažniji i ponekad jedini znak prisutnosti karcinoma u početnom stadijumu razvoja. Prema tome, detektovanje mikrokalCIFikacija je veoma važan deo dijagnoze u ranoj fazi razvoja tumora dojke.

MikrokalCIFikacije su mala ležišta kalcijuma u tkivu dojke, koja su na mamogramu vidljiva kao vrlo mali objekti visokog intenziteta u odnosu na okolno tkivo [2]. Detektovanje mikrokalCIFikacija ponekad je veoma teško jer mikrokalCIFikacije imaju nehomogenu pozadinu na mamogramu i može se desiti da je tkivo dojke u nekim delovima slike svetlije od mikrokalCIFikacija u drugim delovima slike [3,4]. Još jedna otežavajuća okolnost je prisutnost šuma. Pošto su u pitanju mali objekti i veoma različite gustine tkiva dojke, može se dogoditi da radiolog previdi postojeće mikrokalCIFikacije. Dakle dijagnoza pomoću računara (Computer-Aided Diagnosis-CAD) je veoma važna oblast istraživanja. Na Slici 1 prikazani su različiti tipični oblici mikrokalCIFikacija i njihov karakter u odnosu na oblik [5].



Slika 1. Tipični oblici mikrokalCIFikacija: a) Prstenaste-uvek benigne, b) Kružne-često benigne, c) Sitne u grozdastim skupovima-ponekad maligne, d) Nepravilne-skoro uvek maligne, e) Štapičaste-tipično maligne.

Digitalna mamografija omogućila je razvoj CAD algoritama koji omogućava upotrebu računara u cilju potkrepljenja mišljenja radiologa ili u cilju donošenja uporedne dijagnoze kada nije moguće konsultovati drugog radiologa. CAD sistem sastoji se od nekoliko osnovnih modula kao što su pretprocesiranje, segmentacija i klasifikacija. Pretprocesiranje se sastoji od poboljšanja kontrasta i uklanjanja šuma sa mamograma [6]. Na Slici 2 prikazana je interakcija između CAD sistema i radiološke dijagnoze.



Slika 2. Blok dijagram koji predstavlja interakciju između CAD sistema i radiološke dijagnoze.

Uklanjanje šuma sa slike je važan deo mnogih aplikacija za obradu slike, a postojeće metodologije uklanjanja šuma su veoma različite. Izbor metoda adekvatnog datoj primeni zavisi kako od konteksta tako i od cilja obrade.

Za određivanje odgovarajućih karakteristika mamograma nije potrebno obrađivati celu sliku. Nakon uklanjanja šuma sa mamograma, prvi korak je određivanje područja od interesa (Region of Interest-ROI), koji podrazumeva izdvajanje dela slike koji predstavlja dojku iz pozadine.

Ovaj rad sastoji se od nekoliko sekcija. Sekcija 2 predstavlja modul pretprocesiranja mamograma, preciznije, uklanjanje šuma sa mamograma primenom Diskretne Wavelet transformacije. U Sekciji 3 prikazana je procedura izdvajanja područja od interesa. Detektovanje mikrokalCIFikacija primenom gradijenta Prewitt-ovog operatora opisano je u Sekciji 4.

### 2. UKLANJANJE ŠUMA SA MAMOGRAMA

Najveći problem koji se javlja prilikom uklanjanja šuma sa slike primenom nekog od digitalnih filtera jeste pojava zamućene filtrirane slike. Praktično, filtriranjem signala može se eliminisati samo šum koji se nalazi van frekventijskog opsega tog signala. Dekompozicija signala talasićima pored toga što ukazuje na frekventijski sadržaj signala, ukazuje i na položaj komponenti u vremenu i prostoru. Filtriranjem slike primenom transformacije talasićima prevazilazi se problem pojave zamućenih ivica prilikom uklanjanja šuma [7].

Najčešće se primenjuje metod "pragovanja" talasića (*wavelet thresholding*) gde se eliminacija šuma vrši prema sledećoj proceduri [8]:

1. Primeni se diskretna wavelet transformacija (DWT) na  $n$  odbiraka signala (kod kojih je prisutan šum), čime se dobija  $n$  wavelet koeficijenata;

2. Formira se poredak wavelet koeficijenata (najčešće prema njihovoj veličini);

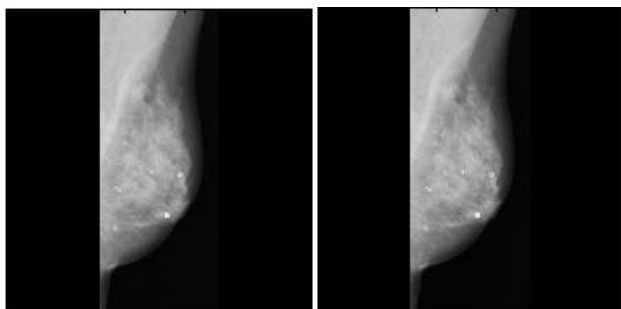
3. Primenom praga bira se  $m$  "najznačajnijih" koeficijenata prema utvrđenom poretku iz koraka 2;

4. Estimirani signal (signal sa uklonjenim šumom) dobija se primenom inverzne wavelet transformacije na izabranim  $m$  koeficijenata.

Uklanjanje šuma sa mamogramima izvršeno je primenom dvo-nivovske transformacije talasićima, pomoću Haar-ovog talasića i vrednosti praga 3.9. Prag se obično bira na osnovu statističkih pretpostavki o šumu i o samom signalu koji se estimira. Skalirajuća funkcija  $\phi(t)$  i funkcija majke talasića  $\psi(t)$  Haar-ovog talasića definisane su na sledeći način:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & 1/2 \leq t < 1 \\ 0 & \text{ostalo.} \end{cases} \quad \phi(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < 1 \\ 0 & \text{ostalo.} \end{cases} \quad (1)$$

Na Slici 3. prikazani su originalni mamogram i estimirani mamogram.



Slika 3. Originalni mamogram (levo) i estimirani mamogram (desno)

### 3. IZDVAJANJE PODRUČJA OD INTERESA

Pre same analize mamograma potrebno je omogućiti što bolje uslove za izdvajanje željenih objekata. Prvi korak je određivanje područja od interesa (ROI) koji uključuje izdvajanje područja slike koje predstavlja dojku. Ako se pritom radi o skeniranim analognim slikama, proces same segmentacije je zahtevniji, jer skenirane slike često sadrže nepoželjne objekte koje je potrebno ukloniti. Skenirani mamogrami takođe često imaju problem nejednako osvetljene pozadine, koji nastaje kao posledica nesavršenosti kako samog filma, tako i procesa naknadne digitalizacije.

Procedura izdvajanja područja od interesa, prikazana na Slici 5, sastoji se od nekoliko osnovnih koraka, opisanih u narednim poglavljima.

#### 3.1. Povećanje kontrasta

Kontrast slike povećan je primenom jednostavne logaritamske operacije. Logaritamska operacija definisana jednačinom:

$$g(x, y) = \log[k + f(x, y)] \quad (2)$$

primenjena je na originalnu sliku  $f(x, y)$ ,  $g(x, y)$  je slika sa povećanim kontrastom. Vrednost ulaznog parametra logaritamske funkcije  $k$  se može menjati zavisno od toga koliko je potrebno povećati kontrast. U ovom algoritmu kontrast mamograma je povećan postavljanjem vrednosti parametra  $k=5$ . Ova operacija, iako je primenjena na celu sliku, značajno povećava kontrast u područjima koja se nalaze u blizini ivice dojke, koje karakterišu male gustine tkiva i slabo definisani detalji slike. Cilj primene ove procedure na mamogram je određivanje aproksimacije ivice dojke što je moguće bliže stvarnoj ivici dojke [9]. Rezultat primene procedure za povećanje kontrasta može se videti poređenjem originalnog mamograma i mamograma sa povećanim kontrastom na Slici 4 (a) i (b).

#### 3.2. Kvantizacija

Kvantizacija je proces predstavljanja vrednosti odmeraka diskretnog signala ili slike, pomoću konačnog skupa dozvoljenih vrednosti. Kod digitalne reprezentacije, upotrebom  $n$  bita po odmerku i upotrebom samo pozitivnih celih brojeva, postoji tačno  $2^n$  kvantizacionih nivoa koji pripadaju opsegu  $[0 \ 2^n - 1]$ . Ako se za predstavljanje svakog piksela slike koristi  $n=8$  bita, to znači da postoji 256 vrednosti tj. nivoa sive boje za predstavljanje svakog piksela slike, koji pripadaju opsegu  $[0 \ 255]$ . Da bismo dobili binarnu sliku, koristili smo  $n=1$  bit za predstavljanje svakog piksela slike. Svaki piksel slike predstavljen je jednom od moguće dve vrednosti, "0" što odgovara crnoj boji ili "1" što odgovara beloj boji.

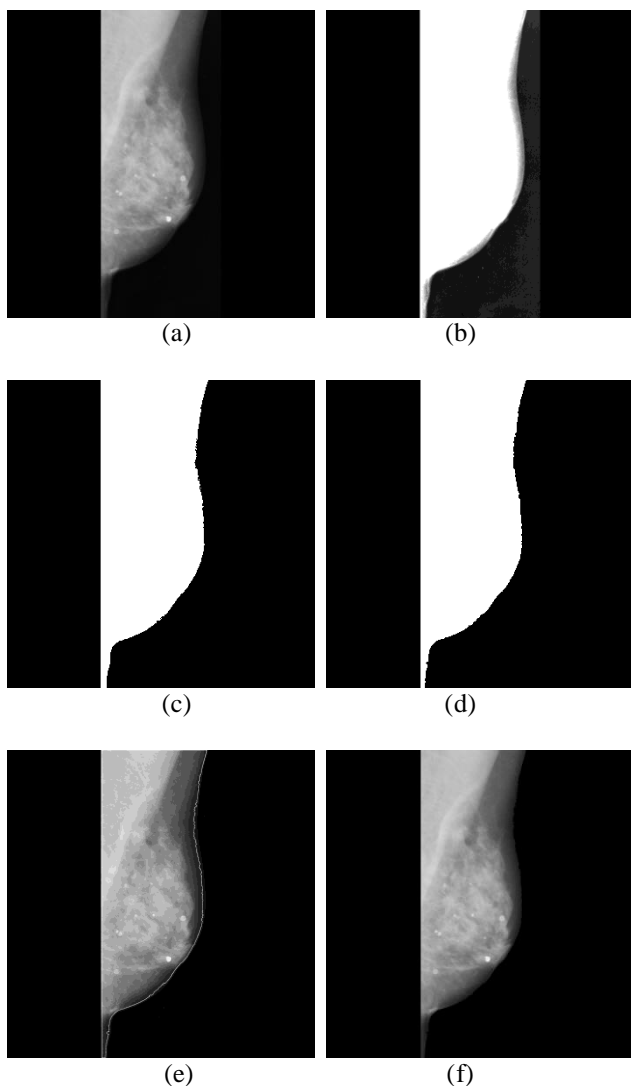
Neophodno je, na odgovarajući način, ograničiti opseg datog ulaznog signala, tako da odgovara ulaznom dinamičkom opsegu kvantizera. Donja granica dinamičkog opsega kvantizera postavljena je na vrednost 128, a gornja na vrednost 255. To znači da je svakom pikselu čija vrednost pripada opsegu  $[0 \ 255]$ , dodeljena vrednost "1", a svakom pikselu čija je vrednost van pomenutog opsega, dodeljena je vrednost "0". Na Slici 4 (c) prikazana je binarna verzija mamograma sa povećanim kontrastom.

#### 3.3. Poboljšavanje binarne slike

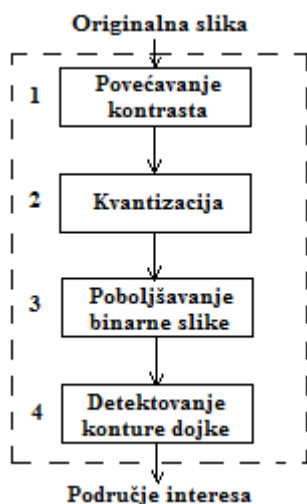
Da bi segmentirani objekat izgledao prirodnije i da bi male bele površine koje ne pripadaju dojci bile uklonjene, dojka je uobličena primenom jednog od elemenata za strukturiranje objekata slike. Na Slici 4 (d) prikazana je poboljšana verzija binarne slike.

#### 3.4. Detektovanje konture dojke

Nakon završetka procedure binarizacije slike, izdvojena je kontura dojke. Kontura dojke na binarnoj slici izdvojena je primenjivanjem sledećeg pravila: piksel pripada konturi dojke ukoliko je njegova vrednost različita od nule i ako je povezan sa najmanje jednim pikselom koji ima vrednost „0”. Slika 4 (e) prikazuje detektovanu konturu dojke na originalnom mamogramu. Na Slici 4 (f) prikazan je izdvojen ROI sa crnom pozadinom.



Slika 4: Rezultati dobijeni u svakoj pojedinačnoj fazi procedure za izdvajanje područja od interesa: (a) Originalni mamogram, (b) Mamogram sa povećanim kontrastom, (c) Binarizovan mamogram, (d) Poboljšana verzija binarnog mamograma, (e) Detektovana kontura dojke, (f) Izdvojen ROI.



Slika 5. Dijagram toka procedure za identifikaciju ivice dojke na mamogramu.

#### 4. DETEKTOVANJE MIKROKALCIFIKACIJA PRIMENOM PREWITT-OVOG OPERATORA

Prewitt-ov operator izračunava gradijent slike u svakoj tački, pokazujući u kom pravcu je promena intenziteta slike najizraženija kao i intezitet promene u tom pravcu [10]. Dakle, rezultat primene Prewitt-ovog operatora pokazuje koliko brzo ili lagano se intezitet slike menja u svakoj tački i koliko je verovatno da taj deo slike predstavlja ivicu.

Gradijent funkcije dve promenljive, u ovom slučaju je to funkcija intenziteta slike, je dvodimenzionalni vektor čije komponente predstavljaju aproksimacije horizontalnih i vertikalnih izvoda slike.

Prewitt-ov operator koristi dve matrice tj. maske, dimenzija 3x3, za dobijanje aproksimacija projekcija gradijenta slike na x i y osu. Parcijalni izvodi se aproksimiraju konvolucijama slike i svake od dve maske. Ako sliku čiji gradijent izračunavamo označimo sa A,  $G_x$  je slika koja predstavlja aproksimaciju horizontalnog izvoda, a  $G_y$  je slika koja predstavlja aproksimaciju vertikalnog izvoda u svakoj tački slike A [11]:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A, G_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +1 & +1 \end{bmatrix} * A \quad (3)$$

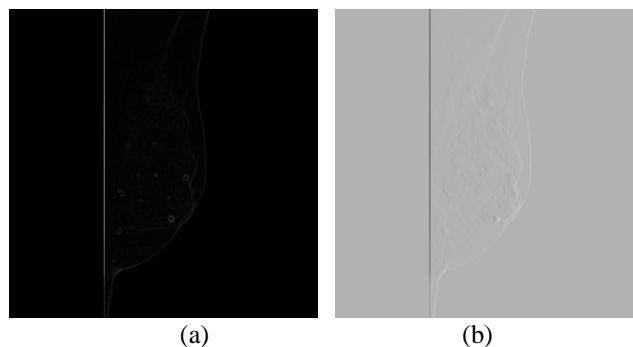
Amplituda gradijenta slike definisana je izrazom:

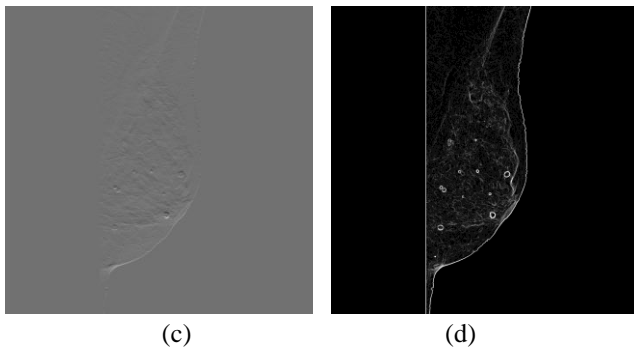
$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4)$$

Rezultat primene Prewitt-ovog operatora je dvodimenzionalna mapa gradijenata izračunatih u svakoj tački slike. Amplituda gradijenta je velika na ivicama objekata, dok je unutar i izvan objekata uglavnom niska.

Nakon izračunavanja i prikazivanja gradijenta slike dobijenog primenom Prewitt-ovog operatora, na tu sliku je primenjena operacija povećavanja kontrasta. Kontrast slike povećan je primenom logaritamske operacije definisane jednačinom 2. Ova operacija, iako je primenjena na celu sliku, značajno je povećala kontrast u područjima koja se nalaze u blizini ivica mikrokalCIFIKACIJA. Povećavanjem kontrasta detektovane su mikrokalCIFIKACIJE, a na Slici 6 d) jasno se vidi gde se na mamogramu nalaze i kakvog su oblika, što je veoma bitno zbog klasifikacije mikrokalCIFIKACIJA na maligne i benigne.

Slika 6 prikazuje: a) Gradijent slike dobijen primenom Prewitt-ovog operatora, b) Projekciju gradijenta slike na x-osu, c) Projekciju gradijenta slike na y-osu, d) Detektovane mikrokalCIFIKACIJE.





Slika 6. Rezultati primene Prewitt-ovog operatora:  
 (a) Gradijent slike dobijen primenom Prewitt-ovog operatora,  
 (b) Projekcija gradijenta slike na x-osu, (c) Projekcija gradijenta slike na y-osu. (d) Detektovane mikrokalcifikacije.

## 5. ZAKLJUČAK

Razvoj i unapređenje CAD algoritama odvija se prilično brzo, ali njihova tačnost još uvek nije zadovoljavajuća. Zbog toga nije moguće osloniti se na dijagnozu koju oni nude, već ih je potrebno koristiti isključivo nakon donošenja dijagnoze, kako bi se ona potvrdila ili uočio mogući previd. Ovaj rad pokazuje da su napredne tehnike za obradu slike i predloženi algoritam za detektovanje mikrokalcifikacija, veoma korisni kod računarskog dijagnostikovanja tumora dojke u najranijoj fazi. Opisani algoritam pruža podjednako dobre rezultate za mamograme sa različitim gustinama tkiva dojke.

Prednosti predloženog pristupa su sledeće: tačnost detektovanja mikrokalcifikacija je velika čak i kod mamograma sa vrlo gustim tkivom dojke, vreme obrade mamograma je veoma kratko, dobijeni eksperimentalni rezultati pružaju dobru osnovu za dalju obradu mamograma kao što je automatska kategorizacija detektovanih objekata na maligne i benigne.

Dalji rad će biti usmeren ka razvijanju slične metodologije za segmentaciju i unapređenje mamograma, sa ciljem detektovanja ostalih indikatora tumora dojke kao što su zvezdaste ozlede, kao i klasifikacije detektovanih ozleđa na maligne i benigne.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad je podržan projektom Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, broj III41007.

## LITERATURA

- [1] B. Novakovic, J. Jovicic, N. Milic, F. Jusupovic, M. Grujicic, D. Djuric, "Nutrition care process in cancer", *HealthMED Journal*, Vol. 4, No. 2, pp. 427-433, 2010.
- [2] M.N. Gürçan, Y. Yardımcı, A.E. Çetin, "Microcalcification segmentation and mammogram image enhancement using nonlinear filtering", Bilkent University, Department of Electrical and Electronics Engineering Bilkent, Ankara, Turkey.
- [3] M. Melloul, L. Joskowicz, "Segmentation of microcalcification in X-ray mammograms using entropy

thresholding", *Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS)*, Paris, France, 2002.

[4] P. Mayo, F. Rodenas, D. Ginestar, G. Verdú, "Microcalcifications detection in digitized mammographic images", *11th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-11)*, Madrid, Spain, 2004.

[5] M. De Santo, M. Molinara, F. Tortorella, M. Vento, "Automatic classification of clustered microcalcifications by a multiple expert system", *Pattern Recognition*, Vol. 36, No. 7, pp. 1467-1477, 2003.

[6] A. Papadopoulos, D.I. Fotiadis, L. Costaridou, "Improvement of microcalcification cluster detection in mammography utilizing image enhancement techniques", *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 38, No. 10, pp. 1045 – 1055, 2008.

[7] M. Afonso, S.D. Joshi, "A wavelet based scheme for adaptive noise canceling from images", *Proceedings of the 28th General Assembly of the International Union of Radio Science (U.R.S.I.)*, 2005.

[8] R. Rangarajan, R. Venkataramanan, S. Shah, "Image Denoising Using Wavelets", Technical report, College of Engineering, University of Michigan, 2002.

[9] R.M. Rangayyan, *Biomedical Image Analysis*. USA: CRC Press LLC, 2005, pp. 456-480.

[10] O. Castillo, P. Melin, *Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Berlin, German: Springer-Verlag, 2008, pp. 96-98.

[11] X. Zhu, R. M. Rangayyan, A. L. Ells, "Detection of Geometrical Patterns", In *Digital Image Processing for Ophthalmology: Detection of the Optic Nerve Head*, J. D. Enderle, Ed., US: Morgan & Claypool, 2011, pp. 15-21.

**Abstract** – Microcalcifications appear as a small cluster of white spots on mammographic images. They are the earliest sign of breast carcinomas and their detection is one of the key issues for breast cancer control. But due to the low contrast of microcalcifications and same properties as noise, it is difficult to detect microcalcification. In this paper, we developed a procedure that applies a Gradient magnitude from Prewitt operator, in order to maximize the amount of detected probable individual microcalcifications in the mammogram. After removing noise from mammogram using the Discrete Wavelet Transformation (DWT), we first selected the region of interest. By identifying the boundary of the breast, it is possible to remove any artifact present outside the breast area, such as patient markings. Then we applied Prewitt operator to the ROI. Microcalcifications were detected by increasing the contrast of images obtained by the Prewitt filter.

## MICROCALCIFICATION DETECTION USING GRADIENT MAGNITUDE FROM PREWITT OPERATOR

Marina Đoković Đorđe Damjanović  
 Aleksandar Peulić