

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Tytuł rozprawy: Rozpoznawanie modelu lokalnych struktur kierunkowych w mammogramach na użytek komputerowo wspomaganey diagnostyki raka sutka**

**Autor rozprawy: mgr inż. Magdalena Patrycja Jasionowska**

**Promotor rozprawy: Prof. dr hab. inż. Artur Przelaskowski**

Mammografia jest wciąż ważnym ogniem w diagnostyce onkologicznej. Przez ostatnich kilka dekad kraje Europy, Ameryki Północnej oraz Azji prowadzą intensywne badania zmierzające do zmniejszenia śmiertelności, której przyczyną jest rak sutka. Wraz z rozwojem aparatury prowadzone są prace nad systemami komputerowego wspomaganey diagnostyki obrazowej w kierunku detekcji zmiany. Coraz większa uwaga zwrócona jest na procedury związane z prewencją oraz badaniami przesiewowymi. Zmiany na tym etapie rozwoju choroby są bardzo subtelne, a często niedostrzegalne. Wymaga to wsparcia procesu raportowania systemami komputerowego wspomaganey diagnostyki obrazowej (CAD – *ang. Computer Assisted Diagnosis*). Nowoczesne systemy mammograficzne posiadają wbudowane systemy CAD. Ich efektywność w praktyce radiologicznej jest wciąż zbyt niska zwłaszcza w detekcji skupisk mikrozwapnień, subtelnych zmian spikularnych jak i zaburzeń architektury.

Zaproponowaną przez Doktorantkę metodę detekcję zmian spikularnych i zaburzeń architektury uważam za interesującą, a wyniki badań eksperymentalnych weryfikują praktyczną przydatność proponowanych rozwiązań. Podjętą w rozprawie tematykę uważam za w pełni uzasadnioną, interesującą i aktualną dla współczesnych prac z dyscypliny biocybernetyka i inżynieria biomedyczna, a dokładniej z zakresu przetwarzania obrazów medycznych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa przedstawia nową metodę detekcji zmian spikularnych i zaburzeń architektury w obrazach mammograficznych. Autorka sformułowała następujące tezy pracy: „Wykorzystanie selektywnej reprezentacji treści informacyjnej na bazie sformalizowanego modelu opisu zmian spikularnych w mammogramach

- integrującego medyczny, mało precyzyjny opis dominujących cech ogólnych objawów patologii ze strukturalna, obiektywna obliczeniowo i możliwe zupełna charakterystyka reprezentacji obiektów

do analizy i ekstrakcji cech anormalnych utkania sutka

- charakterze skupisk wielokierunkowych, lokalnie zbieżnych struktur liniowych, istotnych diagnostycznie

pozwała zwiększyć skuteczność rozpoznania szczególnie trudnych w diagnostyce objawów radiologicznych raka sutka - zaburzeń architektury oraz subtelných guzów spikularnych.”

Praca obejmuje 130 stron. Pięć rozdziałów, opisujących metodologię oraz wyniki, poprzedzonych zostało streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz wprowadzeniem. Kończącą część rozprawy stanowią dorobek naukowy Autorki, dwa dodatki, prawidłowo dobrana bibliografia licząca 117 pozycji oraz spis rysunków i tabel.

We wprowadzeniu Autorka zawarła motywację podjęcia tematyki analizy obrazów mammograficznych prowadzących do poprawy efektywności komputerowego systemu rozpoznawania spikularnych zmian nowotworowych oraz sformułowała tezę i szczegółowe cele pracy.

Rozdział pierwszy omawia podstawy medyczne diagnostyki obrazowej ze wskazaniem problemów w interpretacji subtelných guzów spikularnych oraz zaburzeń architektury. Będąc świadomą ograniczeń systemów komputerowego wspomaganie diagnostyki, Doktorantka przedstawiła ich strukturę oraz wskazała rolę w poprawie skuteczności detekcji zmiany przez radiologów.

Rozdział drugi zawiera opis anatomiczny sutka oraz zestawienie i analizę porównawczą wybranych metod komputerowego wspomaganie diagnostyki subtelných zmian spikularnych. Dalsza część rozdziału poświęcona jest problematyce sformalizowanego opisu zmian patologicznych w mammografii oraz propozycji metody przetwarzania obrazu, prowadzącego do wyznaczenia cech umożliwiających rozpoznanie zaburzeń architektury. Obszerniejsze omówienie tego etapu badań zostało przedstawione w dalszej części recenzji.

Rozdział trzeci prezentuje opracowany symulacyjny fantom zmian kierunkowych, będący odzwierciedleniem przyjętego modelu opisowego zmian o charakterze spikularnym, w tym zaburzeń architektury. Fantom umożliwia zmiany zagęszczenia linii oraz różny stopień zaszumienia obrazu. Kolejne podrozdziały opisują badania wykorzystujące, omawianą wcześniej filtrację Gabora oraz transformatę Fouriera we współrzędnych biegunowych. Istotnym elementem tego rozdziału są badania nad zastosowaniem falek zespolonych.

Rozdział czwarty przedstawia ocenę efektywności rozpoznania subtelných zmian spikularnych z wykorzystaniem bazy DDSM (*ang. Digital Database for Screening Mammography*). Testy wykonane zostały dla różnej konfiguracji deskryptorów, opisujących

kierunkowość pojedynczych spikul lub analizowanych tekstur obrazu, promienisty charakter zmiany patologicznej i relację zmiana-otoczenie.

Rozdział piąty podsumowuje wyniki pracy.

Dodatek A zawiera parametry weryfikujące efektywność analizy opracowanych metod.

Dodatek B zawiera cechy statystyczne oraz cech macierzy zdarzeń wykorzystane w badaniach.

Rozprawa zawiera szereg elementów, które uznać można jako wkład Doktorantki w badania poświęcone komputerowemu wspomaganemu diagnostyce raka sutka. Zaliczam do nich:

1. Opracowanie metody przetwarzania mammogramu, prowadzącej do wyznaczenia cech umożliwiających rozpoznanie zaburzeń architektury. Opis metody analizy poprzedza sformułowanie skwantyfikowanego modelu opisu zmian, uwzględniającego liczbę spikul tworzących zmianę, jej rozmiar i rozkład kierunkowy. Metodę rozpoznawania zaburzeń architektury Autorka podzieliła na dwa etapy. Pierwszy obejmuje detekcję regionów zainteresowania, drugi – rozpoznanie zaburzeń w wydzielonym regionie zainteresowań. W celu wizualizacji rozkładu prawdopodobieństwa występowania zaburzeń architektury, wykorzystano filtrację Gabora, a otrzymane mapy amplitudową i kątową, poddano autorskiej analizie kierunkowej bazującej na histogramie kierunków. W drugim etapie, otrzymane regiony przeniesione zostały do dwuwymiarowej biegunowej przestrzeni częstotliwościowej.
2. Dogłębną weryfikację możliwości wykorzystania przekształceń falek zespolonych, jako wieloskalowej dziedziny reprezentacji zmian spikularnych z wykorzystaniem różnych form fantomu struktur kierunkowych. Wskazano ich zalety w porównaniu do falek tensorowych, krzywek oraz konturków. Rozpoznawanie zaburzeń architektury przeprowadzono na bazie wektora cech, składającego się z 10. cech w dziedzinie czasu oraz 13. cech kierunkowych. Do klasyfikacji wykorzystano SVM z liniowym jądrem. Efekty rekonstrukcji zostały szczegółowo omówione i zobrazowane graficznie.
3. Opracowanie symulacyjnego fantomu zmian kierunkowych, symulującego podstawowe cechy modelu zmian spikularnych o różnym stopniu zagęszczenia struktur liniowych, jak i różnym stopniu zagęszczenia tła oraz dobór parametrów filtru Gabora, umożliwiających rozpoznanie badanych struktur spikularnych.
4. Połączenie deskryptorów opisujących kierunkowość pojedynczych spikul lub analizowanych tekstur obrazu z deskryptorami określającymi promienisty charakter zmiany patologicznej i relację zmiana-otoczenia.

Lektura rozprawy doktorskiej nasuwa także pewne uwagi o charakterze dyskusyjnym lub polemicznym, które nie wpływają na bardzo pozytywną ocenę pracy.

1. W rozprawie (str. 34-35) wymieniono kryteria, jakie powinna spełniać prezentacja obrazu spikul. Są wśród nich m.in. precyzyjny opis lokalnej charakterystyki kierunkowej tekstury, odchylenia kierunkowości, skalowalność opisu, reprezentacja rzadka w sensie semantycznym. Kto i w jaki sposób ocenia, czy prezentacja zmiany spełnia kryteria dopuszczające do dalszych badań?
2. Zasada doboru parametrów filtru Gabora, dopasowująca jego parametry do dominujących rozmiarów badanych struktur jest ogólnie znana. Nasuwa się pytanie, jak dobrać te parametry do detekcji konkretnej zmiany. Czy podjęto próby adaptacyjnego doboru rozmiaru maski filtru?

Rozprawa jest przygotowana starannie z edytorskiego punktu widzenia. Opis metodologiczny oraz wyniki zostały bardzo dobrze udokumentowane. Wysokiej jakości rysunki oraz wykresy przedstawiają schematy analizy oraz obrazują wyniki obliczeń.

## Podsumowanie

Mgr inż. Magdalena Jasionowska posiada odpowiednią wiedzę z zakresu komputerowej analizy obrazów medycznych ze szczególnym uwzględnieniem obrazów mammograficznych. Przedstawiona do recenzji praca zawiera poprawnie sformułowany i rozwiązany problem badawczy oraz stanowi wartościowy wkład w dziedzinę komputerowego wspomaganie diagnostyki obrazowej. Zawarte w pracy oryginalne badania, obejmują opracowanie i weryfikację metodologii detekcji subtelnych guzów spikularnych oraz zaburzeń architektury w obrazach mammograficznych.

Reasumując uważam, że mgr inż. Magdalena Jasionowska wykazała się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi do uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. Przedstawiona do recenzji **praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim** określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

