

Recenzja

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pani magister inżynier Magdaleny Patrycji Jasionowskiej zatytułowana: "*Rozpoznawanie modelu lokalnych struktur kierunkowych w mammogramach na użytek komputerowo wspomaganiej diagnostyki raka sutka*". Przedstawiona rozprawa została napisana pod kierownictwem pana prof. dr hab. inż. Artura Przelaskowskiego na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej w 2016 roku.

1. Zawartość rozprawy

Rozprawa składa się z wprowadzenia, pięciu rozdziałów i dwóch załączników, a jej treść uzupełniają: spis bibliograficzny oraz spisy rysunków i tabel. We wprowadzeniu Autorka przedstawia krótki rys historyczny i czynniki motywacji podjętych prac naukowych. Została tu również sformułowana teza rozprawy brzmiąca: „*Wykorzystanie selektywnej reprezentacji treści informacyjnej na bazie sformalizowanego modelu opisu zmian spikularnych w mammogramach. pozwala zwiększyć skuteczność rozpoznania szczególnie trudnych w diagnostyce objawów radiologicznych raka sutka - zaburzeń architektury oraz subtelnych guzów spikularnych*” oraz określone cele prowadzonych prac. W rozdziale pierwszym Autorka przedstawia zasady i cele komputerowego wspomaganie obrazowej diagnostyki raka sutka. Przedstawione są statystyki zachorowań, technika badania mammograficznego, a także nieinwazyjne i inwazyjne metody wspomagające i uzupełniające to badanie. Zostały także przedstawione koncepcje i ograniczenia metod komputerowego wspomaganie diagnostyki raka sutka w mammografii oraz ograniczenia systemów *computer aided diagnostics* w tej dziedzinie. W rozdziale drugim Autorka przedstawia oryginalny sformalizowany model opisu zmian spikularnych ze szczególnym uwzględnieniem zmian subtelnych, trudnych w detekcji. Przeprowadzono także analizę metod komputerowego wspomaganie detekcji zmian trudnych: zaburzeń architektury i subtelnych guzów spikularnych. W wyniku tej analizy opracowany został sformalizowany model zmian spikularnych, uwzględniający własności kierunkowe zarówno spikul, jak i otaczającego je tła. Zaproponowany model stał się punktem odniesienia w badaniach nad nowymi cechami różnicującymi mammograficzny obraz tkanki patologicznej i fizjologicznej. W rozdziale tym Autorka zaprezentowała również własną koncepcję metody detekcji zaburzeń architektury na obrazie mammograficznym. W rozdziale trzecim przedstawiono realizację sformalizowanego modelu zmian spikularnych poprzez dobór optymalnej dziedziny reprezentacji zmian patologicznych o charakterze spikularnym z wykorzystaniem zaproponowanego modelu zmian kierunkowych. Następnie Autorka podjęła próbę określenia aktywności kierunkowej z użyciem kilku wybranych dziedzin przekształceń wielorozdzielczych w celu znalezienia efektywnej reprezentacji struktur liniowych o różnej kierunkowości. W rozdziale czwartym Autorka przedstawiła bazę danych obrazów mammograficznych *Digital Database for Screening Mammography*, wyselekcjonowaną do przeprowadzenia testów. Przedstawiono próby rozpoznawania spikularnych objawów raka sutka (zaburzeń architektury i subtelnych guzów spikularnych) oraz opisano wyniki eksperymentów przeprowadzonych w celu zwiększenia skuteczności rozpoznawania spikularnych objawów raka sutka na mammogramach. Rozdział piąty zawiera podsumowanie

osiągniętych wyników oraz przegląd potencjalnych możliwości wykorzystania zaproponowanych metod. Zaproponowano również rozszerzenie prowadzonych prac mające na celu dodatkową poprawę efektywności rozpoznawania zaburzeń architektury w obrazach mammograficznych.

Dołączony spis literatury jest bardzo obszerny, można w nim znaleźć najważniejsze artykuły naukowe dotyczące zagadnień komputerowej mammografii, a także 9 doniesień naukowych, których Doktorantka jest współautorką. Dodatek A uważam za zbędny, gdyż zawiera definicje oczywiste, natomiast dodatek B wydaje się istotny. Przyznam, że poza Politechniką Warszawską nie spotkałem zwyczaju dodawania spisu osiągnięć Kandydata do rozprawy doktorskiej wydanej w formie książkowej. Zwyczaj ten łączy dwie przeciwstawne natury tych tekstów: spis dokonań najpewniej wkrótce się poszerzy (i stanie się nieaktualny), natomiast rozprawa (jako dzieło naukowe) jest trwałym kamieniem milowym w dorobku Doktorantki i oby pozostała aktualna jak najdłużej.

2. Znaczenie dokonań Autorki dla rozwoju dyscypliny

Uważam, że rozprawa doktorska autorstwa p. mgr **Magdaleny Jasionowskiej** jest poświęcona zagadnieniom istotnym medycznie i technicznie. Istotny wkład Autorki w rozwój dyscypliny polega na zaproponowaniu modelowych obrazów patologii, zaproponowaniu metod automatycznych identyfikacji tych patologii, a następnie zweryfikowaniu tych metod w oparciu o bazę obrazów referencyjnych. Do oryginalnych osiągnięć Autorki zaliczam:

1. opracowanie sformalizowanego modelu zmian spikularnych z uwzględnieniem ich medycznego opisu diagnostycznego (podrozdział 2.3),
2. zbadanie wpływu parametrów filtru Gabora na ekstrakcje struktur kierunkowych, a w konsekwencji na efektywność rozpoznawania zaburzeń architektury (podrozdział 3.3),
3. opracowanie fantomu zmian kierunkowych służącego do symulacji podstawowych cech zmian spikularnych (podrozdział 3.1),
4. zaproponowanie definicji aktywności kierunkowej: przekształceń, rozdzielczości i selektywności kątowej (podrozdział 3.2),
5. poszukiwanie optymalnej dziedziny reprezentacji zmian spikularnych z wykorzystaniem różnych form fantomu zmian kierunkowych i weryfikację zespolonego przekształcenia falkowego w tej roli (podrozdział 3.3),
6. opracowanie deskryptorów różnicujących radiologiczne obrazy raka sutka w postaci patologicznych zmian spikularnych i obrazy zmian nieznamiennych (podrozdział 4.2), oraz
7. zaprojektowanie i przeprowadzenie eksperymentów w celu oceny użyteczności opracowanych metod i deskryptorów (podrozdział 4.3).

Rozprawa pani mgr **Magdaleny Jasionowskiej** ma charakter aplikacyjny i eksperymentalny. Za szczególną jej zaletę uważam wykorzystanie modelu obrazów patologicznych, zbudowanie metod detekcji wybranych patologii na obrazach modelowych (fantomach), a następnie weryfikację tych metod i ich optymalizację z użyciem rzeczywistych obrazów referencyjnych pochodzących z bazy DDSM.

Rezultaty uzyskane przez Autorkę w pełni potwierdzają tezę rozprawy, choć problem w pełni automatycznej detekcji raka sutka jest daleki od rozwiązania. Opracowany system może służyć jako rozwiązanie ekspertowe wspierające lekarza (*second look*), a może raczej przesiewowe, kierujące do diagnostyki wizualnej wszelkie podejrzanе przypadki. Autorka proponuje oryginalne deskryptory patologii i ładnie pokazuje jak ich łączne użycie poprawia czułość i specyficzność proponowanej metody.

Wybrane fragmenty zakresu prac badawczych będącego tematyką rozprawy były publikowane na konferencjach krajowych (pozycje 88, 89, 101, 103, 112, 113) i zagranicznej (pozycja 97). Wśród publikacji związanych z doktoratem są dwie prace samodzielne (obie w j. polskim), ale w większości pozostałych współautorem jest Promotor, co nie pozostawia wątpliwości co do merytorycznego wkładu p. Jasionowskiej i współautorów publikacji w

badania raportowane w rozprawie. Dotychczasowy dorobek naukowy Doktorantki zawiera siedem publikacji w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym (indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus) i cztery w pozostałych materiałach konferencyjnych. Brak, niestety, publikacji w czasopiśmie – pozostaje wierzyć, że najważniejsze wnioski z ocenianej rozprawy zostaną w ten sposób opublikowane.

3. Zagadnienia do dyskusji

Podczas lektury przedstawionej rozprawy znalazłem kilka zagadnień niewyjaśnionych lub dyskusyjnych, na które warto byłoby zwrócić uwagę i odpowiedzieć podczas obrony. Przedstawiam je poniżej z nadzieją, że pozwoli to Autorce na zrewidowanie lub uzupełnienie informacji raportowanych w artykułach naukowych, które – mam nadzieję – powstaną po zakończeniu przewodu. Chciałbym zatem poprosić Doktorantkę o ustosunkowanie się do następujących zagadnień:

1. Podstawowym mankamentem rozprawy jest brak rzetelnego porównania proponowanej metody z aktualnym stanem wiedzy światowej. Na str. 29 Autorka przedstawia prace (chronologicznie): Ichikawa (2004), Guo (2005), Rangyyan'a (2008) i Sampat (2008) nie są to więc prace najnowsze. Bardzo proszę o odniesienie się do zestawień nowszych np. Neeraj Dhungel Gustavo Carneiro Andrew P. Bradley „Automated Mass Detection from Mammograms using Deep Learning and Random Forest” (2015).
2. Na rys. 2.11 (str. 42) Autorka przedstawia metodę rozpoznawania zaburzeń architektury na podstawie widm kątowych, która prawdopodobnie działa poprawnie tylko w przypadku umieszczenia centrum guza w centrum ROI. Proszę o komentarz lub przedstawienie skuteczności metody w zależności od odległości centrum spikuli od centrum ROI.
3. Na str. 48 Autorka proponuje 'fantom imitujący zaburzenia architektury'. Mam pytanie jak dobrze fantom imituje, a więc czy algorytm działający poprawnie dla fantomu powtarza wyniki dla rzeczywistych obrazów. Poproszę o porównanie skuteczności wybranego wariantu proponowanej metody dla fantomu i dla zbioru rzeczywistych obrazów zawierających guzy spikularne.
4. na str. 57 Autorka pisze, że 1-wymiarowa transformacja Fouriera 'umożliwia globalną (uśrednioną) charakterystykę kierunkową'. Nie zauważyłem operacji uśredniania, a jeśli jest, to proszę o wyjaśnienie po jakiej zmiennej?
5. na str. 61 Autorka używa skrótu CWT, który (w odróżnieniu od DWT) przede wszystkim oznacza *continuous wavelet transform*, a nie *complex wavelet* (w tym przekonaniu utwierdziła mnie jeszcze całka, a nie suma we wzorze 3.4). Oczywiście jest jeszcze DTCWT, która jest transformacją dyskretną o wartościach zespolonych. W takim razie proszę o wyjaśnienie dlaczego użyto całki skoro $p=[m, n]$ jest zbiorem par dyskretnych współrzędnych obrazu.
6. także na str. 61 Autorka stwierdza, że 'wariancja jest kilkadziesiąt razy niższa w dziedzinie falek zespolonych (0.0678) niż w dziedzinie falek tensorowych (1.6567)'. Czy to stwierdzenie obowiązuje dla wszystkich wariantów fantomu?
7. na podst. rys. 3.14 powstaje pytanie jak bardzo istotne dla diagnostyki medycznej jest znalezienie wszystkich spikul oraz jak bardzo istotne jest prawidłowe określenie ich długości. Być może dla stwierdzenia wystąpienia i określenia stopnia rozwoju choroby wystarczyłoby znalezienie np. trzech spikul w różnych kierunkach?
8. str. 92 Autorka stwierdza, że 'Wynik otrzymany z użyciem LDD i GDD jest konsekwencją większej precyzji opisu kierunkowości analizowanej tekstury obrazu'. Poproszę o komentarz, gdyż wydaje się, że dodanie parametru 'globalnego' jest sprzeczne z poprawianiem precyzji, może lepiej byłoby nazwać go 'fazowym'?

9. str. 93 Uważam za zasadne przebadanie wkładu poszczególnych parametrów w rozpoznanie; warto stwierdzić czy np. kombinacja LDD+CP+PDV nie da jeszcze lepszych wyników.
10. str. 104 Autorka pisze: 'Brak takich baz zmusił Autorkę do równoległej pracy nad doбором najbardziej reprezentatywnego zbioru przypadków, o odpowiedniej statystyce, by stosowane kryteria optymalizacji i oceny prowadziły do wiarygodnych wniosków klinicznych.' Nie jest tak źle, jest kilka baz referencyjnych mammogramów (z opisem medycznym) <http://www.mammoimage.org/databases/> Wydaje się, że spośród dostępnych repozytoriów Autorka wybrała najwłaściwsze - bazę DDSM. Szkoda tylko, że oprócz statystyki rezultatów nie pokusiła się o analizę poszczególnych przypadków (z odniesieniami do identyfikatorów konkretnych plików). W bazach rzeczywistych zapisów medycznych (zarówno obrazów jak i sygnałów) znajdują się przypadki łatwe i trudniejsze, a także częściej spotykane i rzadsze. Moim zdaniem Autorka poszła trochę na skróty pisząc, że jest trudno, wystarczyło zaimplementować konkurencyjne metody i sprawdzić ich rozpoznania na konkretnych 'trudnych' obrazach.

Autorka przygotowała rozprawę w środowisku TeX, które jest standardem w środowisku matematyków, a i poza nim jest kojarzone ze starannością. Niestety, w tej pracy staranności edycyjnej zabrakło, jest sporo błędów gramatycznych, szkicowa lista zawiera ok. 100 uwag edycyjnych, a pewnie i tak nie dostrzegłem wszystkich. Nie jest moim celem szczegółowe komentowanie ich tutaj, jest to także niezasadne w odniesieniu do wydanej już rozprawy. Powiem tylko, że zrozumienie tekstu jest miejscami znacznie utrudnione, co stoi w sprzeczności z oczekiwaniem powszechnej zrozumiałości prowadzonych prac naukowych. Mankamenty te w niczym nie umniejszają osiągnięcia naukowego, a moje uwagi formułuję tu wyłącznie w celu wykorzystania ich przez Doktorantkę do poprawy Jej przyszłych publikacji.

4. Wniosek końcowy

Recenzent zdecydowanie wspiera Autorkę w dalszym rozwijaniu metod komputerowego wspomaganie diagnostyki mammograficznej. Z przeglądu dokonań Autorki wynika, że już od dawna interesuje się tym tematem i ma w tej dziedzinie osiągnięcia np. art. *A two step method for detection of architectural distortions in mammograms* cytowany 6-krotnie. Tym bardziej doradzam próbę lokalnej implementacji konkurencyjnych algorytmów na podstawie nowszych publikacji (oryginalni autorzy zwykle chętnie pomagają) i bardziej indywidualne podejście do rozpoznań na podstawie poszczególnych obrazów (także z uwzględnieniem baz *INbreast*, *Nijmegen* i *MAGIC-5*).

Przedstawiona rozprawa doktorska zatytułowana: "*Rozpoznawanie modelu lokalnych struktur kierunkowych w mammogramach na użytek komputerowo wspomaganiej diagnostyki raka sutka*" spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595) w zakresie stopnia doktora nauk technicznych. Recenzent wnioskuje do Komisji o **dopuszczenie rozprawy doktorskiej pani mgr Magdaleny Jasionowskiej do publicznej obrony.**

