

dr hab. inż. Artur Przelaskowski  
Instytut Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej  
Nowowiejska 15/19, 00-665 Warszawa

Warszawa, 15.10.2007r

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY  
NAUKOWEJ INSTYTUTU PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI PAN**

*Tytuł rozprawy:*

**Optymalizacja metody nakładania obrazów binarnych, mało  
wrażliwej na błędy danych**

*Autor rozprawy:*

**Piotr Gut**

Na początku chciałbym zapewnić o pozytywnej ocenie opiniowanej przeze mnie rozprawy. Główną jej zaletą jest duże znaczenie uzyskanych rezultatów. Opracowana metoda nakładania obrazów binarnych wykorzystana, jako główny element, w narzędziu do kontroli jakości radioterapii znalazła potwierdzenie w praktyce klinicznej kilku ośrodków medycznych w Polsce; została zweryfikowana i zaakceptowana przez środowisko medyczne. Kluczowe osiągnięcie Autora – algorytm nakładania zarysów struktur i pola napromieniania z dopasowaniem metryki odległości regulowanej rzędem kwantyla – jest ciekawym, oryginalnym pomysłem dostosowania wykorzystanej miary podobieństwa do charakteru porównywanych segmentów konturowych. W rozwiązaniu problemu użyto prostych środków, metod obliczeniowych o akceptowalnej złożoności, adekwatnych do specyfiki zastosowania, implementując metodę w bardzo przyjaznym środowisku programu AutoPort.

Praca nie jest jednak wolna od kilku wad natury opisowej (błędy, niekonsekwencja opisu, miejscami niezrozumiały porządek prezentacji). Budzi też niekiedy wątpliwości dotyczące wykorzystanych metod naukowych. Wskazano je poniżej w bardziej szczegółowej analizie głównych tez rozprawy, kontekstu literaturowego, proponowanych algorytmów, eksperymentów i odniesienia aplikacyjnego.

Niedoskonała forma prezentacji efektów prac badawczych, a także niektóre braki w formalnie rozumianym procesie tytułowej optymalizacji opracowanych algorytmów, wynikające zapewne

**częściowo z zespołowego i interdyscyplinarnego charakteru pracy w ramach większego projektu, nie podważają jednak wysokiej oceny osiągnięć naukowych prezentowanych w rozprawie oraz oryginalnego wkładu Autora w rozwiązanie użytecznie istotnego problemu badawczego.**

### **Ogólna charakterystyka pracy**

**Przedmiotem rozprawy** jest zagadnienie nakładania obrazów/badań obrazowych uzyskanych różnymi technikami akwizycji w fazie planowania leczenia oraz później, podczas sesji terapeutycznej, na potrzeby kontroli jakości radioterapii. Wspomaganie metodami komputerowymi technik radioterapii jest bardzo istotnym zagadnieniem z punktu widzenia skuteczności tego sposobu leczenia raka. Precyzja naświetlań, możliwość szybkiej i dokładnej korekty geometrii stosowanych przy napromienieniu w kolejnych sesjach, numeryczna kontrola całego procesu, możliwość korekt i porównań, także poprawy skuteczności pracy technika czy lekarza poprzez wizualizację i monitorowanie całego procesu doboru optymalnych parametrów geometrycznych naświetlania jest celem podjętych kilka lat temu badań. Sercem tego systemu wspomagania są efektywne procedury nałożenia (dopasowania) zdjęć referencyjnego (dokładniej przybliżającego realne struktury objęte procesem terapii) i portalowego (kontrolnego, wykonanego w czasie danego etapu terapii) z kontrolą fizycznych wymiarów koniecznych korekt w geometrii naświetlań. Od jakości tych procedur zależy skuteczność, a więc użyteczność całego narzędzia; procedury te stanowią główny przedmiot badań niniejszej rozprawy.

**Teza rozprawy** dotyczy szczegółowych koncepcji regulacji miary odległości wpływającej w sposób istotny na kryterium jakości nałożenia obrazów referencyjnego i sprawdzającego. Wykorzystano miarę odległości Hausdorffa, częściową skierowaną z doborem rzędu kwantyla, która pozwala zmierzyć jakość dopasowania obiektów z pominięciem tzw. danych błędnych. Zaproponowano iteracyjny algorytm zmniejszania rzędu kwantyla aż do uzyskania zerowej odległości częściowej, przy czym położenie końcowe obrazu nakładanego staje się początkowym w kolejnej iteracji, w której poszukiwane jest lepsze dopasowanie poprzez uzyskanie zerowej odległości częściowej przy większym rzędzie kwantyla. Celem jest uzyskanie optimum jakości nałożenia.

**Oryginalne rozwiązania** przedstawione przez Doktoranta to przede wszystkim:

- a) metoda nakładania (pasowania) obrazów binarnych, zwana metodą zmiennego rzędu kwantyla, w szczególności zaś:
  - o sztywny zestaw parametrów przekształceń afinicznych i całego algorytmu,
  - o implementacja metody obliczania odległości Hausdorffa (OH) i wyznaczania lokalnego minimum odległości z wykorzystaniem transformacji odległościowej i histogramów odległości;
  - o ustalony porządek poszukiwania przekształcenia dającego minimum OH, w pierwszej

