

Recenzja rozprawy doktorskiej



Autor: Mgr inż. Andrzej Zacher

Tytuł: Multispectral Endoscopic Imaging in Photodynamic Diagnostics by Monte Carlo Simulation of Light Propagation in Human Tissue

Promotor: Prof. dr hab. inż. Konrad Wojciechowski

Charakterystyka rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska jest napisana w języku angielskim, składa się z 175 stron tekstu, obejmuje 8 rozdziałów, streszczenie w języku polskim, wykaz cytowanej literatury oraz źródeł internetowych, liczący łącznie 93 pozycje, listy rysunków, tabel oraz zamieszczonych w pracy kodów oprogramowania. W pracy studiowano zjawisko fluorescencji ludzkich tkanek, w szczególności zjawisko fluorescencji ludzkiej skóry, a także badano zastosowanie tego zjawiska do diagnostyki fotodynamicznej.

Zawartość rozprawy jest następująca.

Jako pierwszy punkt pracy wymienionych jest 6 artykułów naukowych związanych tematycznie z recenzowaną rozprawą doktorską. Przedstawione są streszczenia tych sześciu artykułów. W pięciu z tych prac doktorant jest samodzielnym autorem, w szóstej jest pierwszym autorem. Prace te opublikowane są w czasopiśmie Przegląd Elektrotechniczny (z listy Filadelfijskiej, 1 praca), w czasopiśmie *Studia Informatica* (2 prace) oraz w serii wydawniczej *Lecture Notes in Computer Science* (3 prace).

Kolejnym punktem jest rozdział wstępny. We wstępie autor wymienia techniki diagnostyki oraz terapii fotodynamicznej i podkreśla wzrastające znaczenie tych technik dla onkologii. Przedstawia różne wersje tych metod, bazujące na różnych związkach chemicznych oraz na różnych źródłach fal świetlnych. Omawia rolę spektroskopii fotodynamicznej, a także rolę modelowania matematycznego w rozwijaniu technik

spektroskopii fotodynamicznej. Przedstawia także metodologię Monte Carlo do modelowania i symulacji propagacji fal świetlnych przez tkankę skóry.

W rozdziale drugim przedstawia się motywację do przeprowadzenia badań oraz tezy pracy. Autor formułuje trzy tezy, których wykazaniu poświęcona jest praca, dotyczące możliwości zbudowania modelu matematycznego propagacji fali świetlnej przez tkankę skóry, możliwości zastosowania metod Monte Carlo do generowania obrazów wielospektralnych uzyskiwanych w diagnostyce fotodynamicznej oraz możliwości optymalizacji parametrów akwizycji obrazu na bazie opracowanej metodologii. Trzy postawione w tym rozdziale tezy są dalej zdekomponowane na 10 podproblemów. Rozwiązanie tych podproblemów prowadzi do wykazania tez.

Rozdział trzeci poświęcony jest omówieniu wybranych źródeł literaturowych poświęconych tematyce związanej z przeprowadzonymi w recenzowanej rozprawie studiami. Autor wymienia tu i omawia kilkanaście artykułów naukowych poświęconych wynikom badań eksperymentalnych związanych z procesem fluorescencji, propagacji światła przez ośrodki mętne, badaniom korelacji pomiędzy parametrami procesu fluorescencji a stanami nowotworowy / normalny ludzkiej skóry, diagnostyce fotodynamicznej stanów nowotworowych, terapii fotodynamicznej nowotworów, a także przedstawionym w literaturze propozycjom modeli matematycznych procesu fluorescencji oraz propagacji światła przez ośrodki mętne.

W rozdziale czwartym przedstawiony jest model optyczny ludzkich tkanek, przede wszystkim ludzkiej skóry. Omówione są procesy absorpcji, rozpraszania, fluorescencji. Za danymi literaturowymi skóra modelowana jest w postaci siedmiu warstw. Dla każdej z warstw opisuje się i dyskutuje wartości kluczowych parametrów mających znaczenie dla procesów propagacji fal świetlnych w ludzkiej skórze, współczynniki absorpcji, rozpraszania, załamania, współczynnik niejednorodności. Za pracą Dacosty i współautorów [4], na rysunku 4.5 przedstawiono macierze wzbudzenia – emisji dla kilku ważnych składowych ludzkiej skóry. Macierze te mogą służyć do odpowiedniej parametryzacji przy rozwijaniu modeli propagacji fal świetlnych w ludzkiej skórze.

Rozdział piąty poświęcony jest modelowaniu propagacji światła w ośrodkach mętnych. Przedstawione jest równanie transportu (5.1) dla propagacji fali świetlnej. Omówione są założenia dla równania (5.1), jednorodność, niezależność fotonów, istnienie funkcji fazowej dla rozpraszania, stan ustalony oraz brak źródeł światła w mętym ośrodku. Następnie przedstawia się bardziej szczegółowo techniki Monte Carlo symulacji propagacji światła przez ośrodki mętne. Przedstawione są zdarzenia emisji fotonu, ruchu, odbicia, załamania, rozproszenia. Omawia się algorytm mapowania fotonów złożony z emisji, śledzenia i sortowania w pierwszym przebiegu oraz renderowania w drugim przebiegu. Na zakończenie rozdziału doktorant przedstawia swoje autorskie osiągnięcie, algorytm którego schemat blokowy umieszczony jest na rysunku 5.9 zbudowany na bazie wcześniej

przedyskutowanych metod. Przedstawiony jest także wydruk kodu źródłowego, w środowisku Matlab realizującego opracowany algorytm.

W rozdziale szóstym przedstawiono konstrukcję głowicy endoskopowej oraz zastosowanie metody Monte Carlo do symulacji obrazów endoskopowych. Przedstawiono studium wpływu wartości kąta padania promienia świetlnego na parametry obrazu endoskopowego. Przedstawione są także techniki modelowania dla obrazów wielospektralnych, w których występuje zadana wielospektralna charakterystyka źródła padającego światła. Na rysunku 6.16 przedstawiono porównanie obrazów rzeczywistych otrzymanych z zastosowaniem głowic endoskopowych z wynikami symulacji metodą Monte Carlo.

W rozdziale siódmym przedstawiono zagadnienia klasyfikacji wielospektralnych obrazów endoskopowych według kryterium – tkanka normalna / tkanka nowotworowa. W rozdziale tym doktorant projektuje klasyfikator stosując metodę rzutowania ortogonalnego na podprzestrzeń. Jest to metoda znana w literaturze. Jednak jej zastosowanie do konkretnego zagadnienia studiowanego w pracy doktorskiej jest oryginalne. W rozdziale siódmym autor rozważa także problem grupowania obrazów wielospektralnych. Wymienione są algorytmy klasteryzacji hierarchicznej oraz jądrowe algorytmy oceny gęstości. Na końcu rozdziału siódmego przedstawiony jest algorytm klasyfikacji bazujący na segmentacji obrazów wielospektralnych oraz na metodach rzutowania ortogonalnego. Przedstawiony jest także kod programu źródłowego w środowisku Matlab, realizującego opracowany przez doktoranta algorytm. Przedstawionych jest także dużo przykładów obrazów wielospektralnych i ich klasyfikacja.

Rozdział ósmy stanowi konkluzje i podsumowanie.

Ocena rozprawy

Najważniejsze osiągnięcia i elementy oryginalne rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa jest opracowaniem oryginalnym. Autor wymienia sześć publikacji zamieszczonych w czasopiśmie naukowych, przedstawionych w materiałach renomowanych konferencji międzynarodowych oraz wydanych w serii Lecture Notes, w których jest samodzielnym autorem (pięć publikacji) lub współautorem (jedna publikacja). Publikacje te są tematycznie ściśle związane z zagadnieniami analizowanymi w rozprawie doktorskiej.

Należy podkreślić umiejętność autora opanowania i przedstawienia aparatu matematycznego związanego z modelowaniem propagacji fal świetlnych przez ośrodki mętne. Autor rozprawy potrafi z opanowanych elementów warsztatu naukowego

modelowania i badania propagacji i fluorescencji zbudować funkcjonalne systemy analizy wielospektralnej obrazów endoskopowych.

Interesującym elementem rozprawy jest kompetentne i wszechstronne omówienie źródeł literaturowych związanych z modelowaniem propagacji i fluorescencji i ich zastosowaniami. Na pozytywną ocenę zasługują interdyscyplinarne aspekty rozprawy, obejmujące zrozumienie pewnych aspektów biomedycznych prowadzonych studiów, techniki akwizycji i przetwarzania obrazów, a także techniki modelowania.

Bardzo wartościowym elementem rozprawy jest opracowanie oprogramowania realizującego zaproponowane i zbudowane algorytmy.

Uwagi krytyczne oraz dyskusyjne

Słabym elementem rozprawy jest brak metodycznego podejścia do oceny wartości diagnostycznej opracowanych przez doktoranta algorytmów i programów komputerowych. Wypracowany przez doktoranta warsztat mógłby doprowadzić do takiej weryfikacji. Należałoby go odpowiednio rozwinąć przez zaimplementowanie metod statystycznych oceny własności dyskryminacyjnych klasyfikatorów.

Dobrze byłoby zacytować jakieś źródłowe prace dotyczące klasyfikatorów rzutowania ortogonalnego. Podczas obrony pracy doktorant powinien zademonstrować, że potrafi wyprowadzić wzór (7.7).

Praca zawiera niewielkie usterki typu błędów językowych, niezgrabnych lub niejasnych sformułowań lub błędów typograficznych. Niektóre zauważone takie błędy są wypisane poniżej:

Nie jest jasne czy rysunek 4.5 jest kopią ilustracji pochodzącej z pracy [4] czy też został wygenerowany przez autora.

Opisy osi w większości rysunków są wydrukowane zbyt małą czcionką.

Str. 33 – jest: „ angle of transmission α_t ”

- ma być: „ angle of transmission α_t ”

str. 153, 155 – jest “ most optimal”

- ma być: “optimal.

Tabela na str. 112: brak opisu osi rysunków w polach tabeli.

Konkluzja

Mimo wymienionych powyżej uwag krytycznych uważam, że oryginalne osiągnięcia rozprawy są wystarczające do jej ogólnej pozytywnej oceny. Stwierdzam zatem, że rozprawa spełnia warunki odpowiedniej ustawy i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized initial 'A' followed by a series of connected loops and a final horizontal stroke.