

mgr inż. Daniel Reska
Wydział Informatyki
Politechnika Białostocka

Algorytmy segmentacji obrazów medycznych oparte na modelach deformowalnych i analizie tekstur (streszczenie rozprawy doktorskiej)

Zadaniem segmentacji obrazów medycznych jest podział obrazu na obszary w celu wyodrębnienia rozpatrywanych tkanek, organów lub zmian patologicznych. Klasą algorytmów często wykorzystywaną w tym zastosowaniu są modele deformowalne, oparte na idei kształtu dopasowującego się do rozpatrywanego obszaru. Tradycyjne modele korzystają ze względnie prostych cech obrazu. W przypadku obrazów medycznych użycie bardziej złożonych cech teksturalnych umożliwia lepsze uchwycenie własności danego obszaru lub jego podregionów (np. zmian patologicznych w tkankach organu). Problemem przy integracji analizy tekstur z algorytmami segmentacji jest konieczność wyboru właściwych metod wyliczania cech teksturalnych, a także ich duże wymagania obliczeniowe. Wydajność obliczeń ma szczególne znaczenie w przypadku przetwarzania obrazowań medycznych, obejmujących serie obrazów o dużej wielkości.

Celem badań, prowadzonych w ramach rozprawy, było opracowanie nowych, interaktywnych metod segmentacji obrazów medycznych, integrujących modele deformowalne oraz analizę tekstur. Wykorzystanie cech teksturalnych miało za zadanie usprawnienie metod interaktywnych, dających wyniki w możliwie krótkim czasie. Zastosowanie obliczeń równoległych, w szczególności techniki obliczeń ogólnego przeznaczenia na układach GPU, zapewnić miało zachowanie akceptowalnych czasów działania metod, także w przypadku obrazowań trójwymiarowych.

W ramach badań opracowany został szereg nowych metod segmentacji opartych na modelach deformowalnych i analizie tekstur. Proponowane rozwiązania bazują na koncepcji wieloetapowej metody, złożonej z faz ekstrakcji i selekcji cech teksturalnych, szybkiej ewolucji modelu deformowalnego oraz etapu dopracowania ostatecznych wyników. Metoda ta nie jest przywiązana do konkretnego deskryptora tekstury i potrafi dynamicznie dobierać cechy z oferowanego zbioru. W pierwszej kolejności opracowane zostały dwie dwuwymiarowe realizacje tej koncepcji, oparte na różnych typach modeli: dyskretnym aktywnym konturze i metodzie poziomicy. W rozprawie zawarto testy tych realizacji na szeregu syntetycznych i naturalnych obrazów, a także porównanie z innymi aktualnymi algorytmami tego typu. Eksperymenty wykazały, że proponowane metody sprawdzają się w segmentacji zróżnicowanych rodzajów tekstur, także w obrazach zawierających wiele różnych tekstur, oferując przy tym wysoką wydajność dzięki wspomaganemu GPU.

Koncepcja wieloetapowej metody segmentacji wykorzystana została również w opracowanych metodach trójwymiarowych, w szczególności w realizacji wielorozdzielczej aktywnej powierzchni, potrafiącej operować na zmniejszonych wersjach wejściowego zbioru danych w celu przyspieszenia obliczeń. Testy na szeregu zbiorów syntetycznych i rzeczywistych obrazowaniach medycznych wykazały, że metody sprawdzają się w segmentacji zbiorów o zróżnicowanych teksturach. Wykorzystanie wspomaganego GPU i usprawnień algorytmicznych umożliwiło efektywną, interaktywną segmentację. Stworzone rozwiązania zachowują przy tym wydajności porównywalną lub lepszą od innych podobnych, wspomaganymi sprzętowo metod, które używają prostszych cech obrazu i nie radzą sobie z bardziej złożonymi teksturami. Opracowane metody potrafią również przetworzyć typowe, trójwymiarowe zbiory obrazów medycznych w ciągu kilku sekund, a użycie cech teksturalnych pozytywnie wpływa na jakość segmentacji.

Zaproponowane metody wykorzystane zostały również w dwóch konkretnych problemach medycznych: segmentacji płuc na obrazowaniach tomografii komputerowej oraz segmentacji ognisk niedokrwiennych na obrazowaniach rezonansu magnetycznego mózgu. Opracowane aktywne modele zostały wyposażone w tych

przypadkach w bardziej zaawansowane mechanizmy inicjalizacji, biorące pod uwagę specyfikę tekstury segmentowanych tkanek. Mechanizmy te zmniejszają nakład pracy operatora, jednocześnie uodparniając proces inicjalizacji na błędy i skracając całkowity czas wymagany na wykonanie segmentacji. Eksperymentalna walidacja wykazała, że proponowane metody pozwalają na efektywne (w ciągu kilku sekund) uzyskanie wyników o jakości porównywalnej do rezultatów innych aktualnie stosowanymi rozwiązań, w tym do metod opartych o uczenie maszynowe i uczenie głębokie, oferując przy tym znaczną przewagę wydajnościową.

Opracowane metody pozwalają na segmentację obrazów z różnorodnymi teksturami. Koncepcja wieloetapowego metody pozwala na dynamiczny dobór cech teksturalnych ze zbioru, który może być łatwo rozszerzalny i dostosowywany do konkretnego zastosowania. Stworzone rozwiązania dają przy tym zdecydowanie lepsze wyniki niż metody oparte o prostsze cechy obrazu. Wykazują one przy tym wysoką wydajność, odpowiednią do interaktywnej pracy, bez konieczności działania na drogim, specjalistycznym sprzęcie.

David Resha 26.10.2022