

Streszczenie pracy

Cel pracy

Głównym celem badawczym niniejszej rozprawy było zaproponowanie algorytmicznego rozwiązania wykorzystującego zaawansowane metody przetwarzania obrazów i uczenia maszynowego do określania struktury tkankowej ludzkiego naskórka na zdjęciach histopatologicznych preparatów skóry barwionych hematoksyliną-eozyną oraz do opracowania systemu automatycznej diagnostyki wybranych typów melanocytowych zmian skórnych na podstawie analizy morfometrii naskórka w danej zmianie. Według najlepszej wiedzy Autora to pierwsza próba automatycznego wyznaczania parametrów morfometrycznych naskórka i wykorzystania tej wiedzy w celach diagnostycznych.

W rozprawie postawiono następującą tezę główną oraz tezy pomocnicze:

- Teza główna** Zaawansowane metody przetwarzania obrazów oraz uczenia maszynowego umożliwiają szczegółową analizę morfometrii naskórka zmiany skórnej na obrazach histopatologicznych.
- Teza I** Przy wykorzystaniu zaproponowanych metod segmentacji i analizy obrazu możliwa jest ocena stopnia złośliwości zmiany skórnej.
- Teza II** Metody uczenia maszynowego pozwalają na sformułowanie podstawowych kryteriów diagnostycznych, możliwych do zastosowania podczas badań histopatologicznych.

Zaproponowane rozwiązanie

Zaproponowane metody oraz cały system diagnostyczny zostały zaprojektowane w celu automatycznej analizy i rozróżniania trzech podstawowych typów skórnych zmian melanocytowych: plam soczewicowatych (zmiany łagodne), znamion łączących dysplastycznych (formy pomiędzy zmianami łagodnymi a złośliwymi) oraz czerniaków (zmiany złośliwe).

Ze względu na znaczący wzrost na całym świecie wskaźników zachorowań na czerniaka skóry, najgroźniejszej odmiany raka skóry, i spowodowanych nim zgonów wśród populacji rasy białej ewidentną staje się potrzeba opracowania skutecznych i wydajnych (automatycznych) narzędzi diagnostycznych dla dermatopatologii. Tradycyjny, ręczny sposób diagnozowania zmian skórnych – badanie histopatologiczne – ma trzy główne wady: jest podatny na tzw. błąd ludzki, jego wyniki często nie są powtarzalne, a analiza dużych partii preparatów to żmudna czynność. Dzięki zastosowaniu metod wizji komputerowej i uczenia maszynowego do analizy cyfrowych zdjęć preparatów o dużej rozdzielczości możliwe jest rozwiązanie wszystkich trzech wspomnianych problemów – poprawa skuteczności diagnostycznej, zwiększenie powtarzalności uzyskiwanych wyników diagnostycznych, oraz skrócenie czasu niezbędnego na postawienie diagnozy.

W ramach prowadzonych badań opracowano, zaimplementowano i przetestowano poniższe algorytmy oparte na metodach przetwarzania obrazów:

- Automatyczna segmentacja obszaru preparatu histopatologicznego (tkanki) oparta o analizę statystyczną rozkładu koloru w przestrzeni barw CIELAB z wykorzystaniem operacji morfologicznych. Analizowany jest zarówno cały obraz, jak i lokalne otoczenie jego wybranych fragmentów.
- Automatyczna metoda segmentacji warstwy naskórka oparta na analizie rozmieszczenia i kształtów obszarów tła obrazu w obrębie tkanki oraz histogramu stężeń hematoksyliny i eozyny w preparacie, wykorzystująca metody statystyczne i przetwarzania obrazów.
- Automatyczna metoda segmentacji soplei naskórkowych w warstwie naskórka oparta przede wszystkim na analizie krzywizny konturu obszaru celem wykrycia potencjalnych krańców podstaw wypustek oraz na analizie szkieletu obszaru w reprezentacji grafowej (z wykorzystaniem algorytmów grafowych i operacji morfologicznych) celem ostatecznego wyznaczenia podstaw i ich położenia względem osi głównej obiektu.

Każdy z powyższych algorytmów jest w pełni zautomatyzowany i w dużym stopniu oparty na wiedzy dziedzinowej z zakresu morfometrii i właściwości biochemicznych skórnych struktur tkankowych.

Następnie opracowano parametry opisujące morfometrię całej warstwy naskórka w oparciu o umiejscowienie wzdłuż osi głównej warstwy i wartości podstawowych parametrów morfometrycznych soplei naskórkowych. Pozwoliło to na zaproponowanie algorytmu automatycznej klasyfikacji zmian skórnych na podstawie morfometrii ich regionu naskórka, z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego – w pracy porównano skuteczność czterech wybranych klasyfikatorów, przy czym najskuteczniejszym okazał się model maszyny wektorów wspierających (SVM). Dokonano również analizy statystycznej zależności między morfometrią naskórka a podstawowymi klasami melanocytowych zmian skórnych z użyciem modelu drzewa decyzyjnego, w celu określenia kryteriów diagnostycznych pod kątem badania histopatologicznego.

Skuteczność systemu została zweryfikowana z użyciem bazy składającej się z 75 zdjęć całych preparatów skórnych zmian melanocytowych o wysokiej rozdzielczości (po 25 dla każdego typu zmiany), opisanych przez doświadczonego dermatopatologa. System uzyskał dokładność 74.7% i 86.7% odpowiednio dla zadań klasyfikacji „plama soczewicowata, znamie łączące dysplastyczne, czy czerniak” i „zmiana łagodna czy złośliwa”. Dla tych samych zadań klasyfikacji model drzewa decyzyjnego (wyuczony z użyciem wartości zaproponowanych wskaźników morfometrycznych) uzyskał dokładność 73.3% i 88.0%, i tym samym może zostać użyty do sformułowania kryteriów diagnostycznych związanych z morfometrią naskórka.

Zdaniem Autora uzyskane wyniki uprawniają go do uznania, że tezy postawione w rozprawie zostały dowiedzione.

Janek Wenh
20.01.2020 r.