



---

Załącznik do raportu zawierający szczegółowe informacje dotyczące wyników projektu BRASTER SANTANA.

Opracowanie algorytmów automatycznej oceny i klasyfikacji badań termograficznych obejmowało analizę dokładności klasyfikacji obrazów termograficznych, z uwzględnieniem dwóch warstw: 1) analiza kompletnych badań składających się z zestawu 18 lub 30 termogramów oraz 2) analiza poszczególnych elementów w obrębie pojedynczego termogramu, zwanych konturami. Dwu-warstwowy sposób klasyfikacji termogramów umożliwia wykorzystanie dwóch sposobów badania poprawności:

1. walidacja obciążona, która dokonała uczenia warstwy konturów z użyciem wszystkich badanych, oraz podzbioru pacjentek dla warstwy drugiej,
2. walidacja pełna, która dokonała uczenia obu warstw tylko z użyciem podzbioru zbioru trenującego.

Walidacja obciążona, z uwagi na posiadanie częściowej wiedzy zbioru walidacyjnego może nieco zawyżać ostateczną dokładność klasyfikacji. Z kolei wyniki walidacji pełnej są zwyczajowo nieoszacowaniem możliwości wynikającej ze zbioru trenującego, w szczególności gdy liczność przykładów dla klas jest drastycznie różna. Miary czułości i specyficzności dla projektu BRASTER-INTRO (studium wykonalności dla systemu automatycznej interpretacji, w którym wykorzystano standardowe, nieprzystosowane do badań termograficznych, algorytmy i metody cyfrowego przetwarzania obrazów) wyznaczone były z użyciem walidacji obciążonej, w projekcie BRASTER-SANTANA wykorzystano obie metody. Do badania (zarówno przy wykorzystaniu procedury INTRO, jak i SANTANA) wykorzystano łącznie 274 przypadki, z czego 247 zaliczone zostało do zbioru treningowego, a 27 do zbioru walidacyjnego.

Każde badanie wykonywane było za pomocą 3 matryc termograficznych o różnych zakresach pomiaru. Jedno badanie opisywane było przez 18 obrazów (3 matryce x 3 przyłożenia: kwadrant górny-zewnętrzny, górny-wewnętrzny i przyśrodkowy, do 2 piersi) lub przez 30 obrazów (3 matryce x 5 przyłożeń: poza w/w dolny-zewnętrzny i dolny-wewnętrzny, do 2 piersi). Termogramy zostały umieszczone w opracowanym reprezentatywnym zbiorze treningowym w postaci kompletnych badań termograficznych opatrzonego opisem lekarza-eksperta mówiącym czy dany termogram jest zdrowy czy patologiczny.

Wykorzystanie algorytmów klasyfikacji prowadzi do automatycznego podejmowania decyzji o istnieniu guza rakowego na podstawie dostarczonych obrazów. Proces analizy obrazów składał się z następujących kroków:

- 1) wstępna obróbka zdjęcia,
- 2) przetwarzanie obrazów w celu wyznaczania konturów:
  - a) progowanie,
  - b) kadrowanie,
  - c) operacje morfologiczne,
  - d) ekstrakcja cech konturów.
- 3) automatyczna klasyfikacja konturów - wyznaczenie atrybutów związanych z podobieństwem każdego konturu do konturów patologicznych
- 4) badanie miary asymetrii konturów - badanie położenia konturów dla obrazów pochodzących od tej samej pacjentki dla tych samych przyłożeń i różnych piersi
- 5) badanie miary asymetrii kolorów - badanie odległości histogramów obrazków pochodzących od tej samej pacjentki dla tych samych przyłożeń i różnych piersi
- 6) automatyczna klasyfikacja pacjentek na podstawie atrybutów znalezionych podczas klasyfikacji konturów i badania asymetrii

Procedura badawcza INTRO:



1. reguły do klasyfikacji konturów generowane na podstawie wszystkich przypadków (tak jak w INTRO)
2. przypadki dzielone losowo na zbiór trenujący i walidujący
3. zliczanie TP, TN, FP, FN (macierz pomyłek<sup>1</sup>: TP – *True Positive*, TN – *True Negative*, FP – *False Positive*, FN – *False Negative*)
4. krok 2 i 3 powtarzany N razy

**Procedura badawcza SANTANA:**

1. przypadki dzielone losowo na zbiór trenujący i walidujący
2. reguły do klasyfikacji konturów generowane na podstawie zbioru trenującego
3. zliczanie TP, TN, FP, FN (macierz pomyłek: TP – *True Positive*, TN – *True Negative*, FP – *False Positive*, FN – *False Negative*)
4. krok 1, 2 i 3 powtarzany N razy

Otrzymane wyniki w zależności od użytego klasyfikatora wyniosły odpowiednio:

- a) czułość 36-84%,
- b) swoistość 54-94%,
- c) dokładność 54-91%.

**Rekomendacje:**

- 1) Obecne reguły klasyfikacji były generowane tylko na podstawie kształtów konturów, jednak mimo tak dużego ograniczenia, osiągnęły wynik wysoce zadowalający. Kolejnym etapem mającym na celu wzrost skuteczności algorytmów automatycznych, będzie dalsza optymalizacja wykorzystywanych algorytmu segmentacji, jak również uwzględnienie innych kolorów, gradientów, transformat, dynamiki oraz dodatkowych atrybutów, których ilość może iść w tysiące. Dalsze prace realizowane będą na jak znacznie większym zbiorze przypadków.
- 2) Rozszerzenie zbioru atrybutów uzyskiwanych z obrazów – należy przebadать i uwzględnić dodatkowe atrybuty istniejące na obrazach, a nieanalizowane dotychczas, doprecyzować istotność atrybutów, usprawnić metody przetwarzania obrazu, aby uzyskać dodatkowe cechy.
- 3) Rozszerzenie zbioru klasyfikatorów. Obecnie istniejący zbiór klasyfikatorów: drzewo decyzyjne ID3, las losowy RI, naiwny klasyfikator bayesowski powinny zostać rozszerzone o kolejne klasyfikatory przy wykorzystaniu w/w procedur badawczych.
- 4) Badania dla tej samej pacjentki. Istotnym i unikalnym elementem analizy obrazów termograficznych, powinno być stworzenie prototypu aplikacji, która będzie badała termogramy pochodzące od tej samej pacjentki, które robione będą w odstępach czasu (np. co miesiąc) – tzw. analiza różnicowa. Aplikacja powinna wykrywać różnice pomiędzy aktualnym zestawem termogramów, a zbiorem obrazów historycznych i jeżeli różnice będą znaczące, zasygnalizować ten fakt. Takie podejście wspiera w przypadku, gdy pojawią się zmiany patologiczne.
- 5) Uwzględnienie dodatkowych atrybutów, które nie są dostępne w obrazach. Należy zbadać korelacje pomiędzy obrazami, a danymi wynikającymi z ankiety osobowej kobiety, takimi jak np. obciążenia genetyczne, historia chorób nowotworowych w rodzinie, budowa piersi, wiek, etc. Należy uzupełnić dane dla dostępnych przypadków i zbadać wpływ odpowiedzi na wyniki klasyfikacji.

Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że optymalizacja obecnie stosowanych klasyfikatorów poprzez analizę i rozszerzenie listy atrybutów, a także dodanie innych, niezbadanych dotąd obszarów analizy obrazu i ekstrakcji cech (kolory, gradienty, transformata Fouriera, transformata falkowa) doprowadzi do dalszej poprawy czułości i swoistości.

---

<sup>1</sup> Zestawienie wyników testu diagnostycznego informujące o tym ile razy dany test trafnie postawił diagnozę w stosunku do stanu faktycznego. Na tej podstawie możliwe jest określenie takich parametrów jak czułość, swoistość, skuteczność.