

Bisewski Damian
Kuligowska Julia
Pągielska Marta

HuBMAP - Hacking the Human Vasculature

Opracowanie zaawansowanego narzędzia do automatycznego segmentowania i analizy mikrostruktur naczyniowych w ludzkich tkankach przy użyciu technologii uczenia maszynowego.

1. OPIS PROJEKTU

Projekt skupia się na wykorzystaniu zaawansowanych technik uczenia maszynowego, w tym głębokich sieci neuronowych, do analizy obrazów mikroskopowych w celu identyfikacji i mapowania struktur naczyniowych w ludzkich tkankach. Narzędzie to ma na celu wsparcie tworzenia Vascular Common Coordinate Framework (VCCF) i Human Reference Atlas (HRA), które są niezbędne do mapowania komórek ludzkiego ciała i zrozumienia ich funkcji oraz wzajemnych relacji. Cel biznesowy i naukowy projektu jest wielowymiarowy, przyczyni się do postępu w diagnostyce medycznej i badaniach biologicznych poprzez umożliwienie dokładniejszego i szybszego mapowania układu naczyniowego, co może mieć zastosowanie w leczeniu chorób serca, nowotworów i innych stanów patologicznych. Potencjalni partnerzy i odbiorcy obejmują instytucje akademickie, szpitale, kliniki oraz firmy farmaceutyczne i biotechnologiczne zainteresowane rozwojem i komercjalizacją technologii. Atrakcyjność biznesowa leży w potencjalnych aplikacjach komercyjnych narzędzia, takich jak wsparcie diagnostyczne dla patologów czy pomoc w planowaniu zabiegów chirurgicznych.

2. DANE

Dane zostały uzyskane z preparatów tkanki nerkowej barwionych metodą kwasu periodynowo-schiffowego (PAS), który barwi struktury bogate w węglowodany, takie jak błony podstawne naczyń włosowatych oraz nabłonek kanalikowy w nefronie, będącym dużą funkcjonalną jednostką nerki. Nerki pełnią w organizmie funkcję regulacji i filtracji krwi, odpowiadając za usuwanie odpadów i nadmiaru płynów z organizmu poprzez mocz, który jest wydalany przez moczowód.

W zestawie danych znajdują się próbki tkanki z kory nerki, rdzenia nerki i brodawki nerki. Jako że plastry tkanki są 2D sekcjami struktur 3D, orientacja cięcia może przedstawiać przekroje poziome lub podłużne struktur nefronu i naczyń.

Kora nerki - jest to zewnętrzna część nerki zawierająca okrągłe ciała nerkowe otaczające kłębuszki naczyń włosowatych, przez które następuje filtracja krwi. Kora nerki zawiera również kanaliki bliższe i dalsze nefronu, pomiędzy którymi znajduje się skomplikowana sieć naczyń włosowatych nazywanych naczyniami okołokanalikowymi.

Rdzeń nerki - jest to wewnętrzna część nerki ułożona w 8-15 piramid nerkowych zawierających liniowo ułożone kanaliki tworzące pętle Henlego oraz kanaliki zbiorcze. Sieć naczyń włosowatych w rdzeniu nerki składa się z naczyń włosowatych zwanych naczyniami prostymi.

Brodawka nerki (podsekcja rdzenia) - szerokie bazy piramid łączą się z korą nerki na granicach kory z rdzeniem, a końcówki tworzą struktury nazywane brodawkami nerkowymi, które wprowadzają mocz do mniejszych kielichów nerkowych.

Układ naczyniowy krwi składa się z dużych tętnic, które rozgałęziają się na coraz mniejsze struktury aż do naczyń włosowatych, o średnicy około 8-10 μm , tworzących cienkościenne struktury z komórek śródbłonna, przez które mogą przenikać tlen i składniki odżywcze do otaczających tkanek. Naczynia włosowate łączą się w żyłki, które odprowadzają krew ubogą w tlen i składniki odżywcze z organizmu. Projekt koncentruje się na mikrostrukturach naczyniowych w nerce, w tym na naczyniach włosowatych, żyłkach i tętniczkach, nie uwzględniając większych struktur naczyniowych, tj. tętnic i żył.

3. KOORDYNATOR PROJEKTU

Koordynator będzie odpowiedzialny za zapewnienie, że projekt postępuje zgodnie z planem. Będzie również zarządzać komunikacją wewnątrz zespołu, przydzielać zadania oraz monitorować ich wykonanie. Koordynatorem będzie Marta Pągielska.

4. PLAN MINIMUM I MAKSYMUM

Plan minimalny

Sukcesem minimalnym będzie opracowanie modelu zdolnego do rozpoznawania i lokalizowania mikrostruktur naczyniowych na ograniczonym zestawie danych. Taki model stanowiłby podstawę do dalszego rozwoju i walidacji na szerszych zbiorach danych.

Plan maksymalny

Obejmowałby on rozwój i wdrożenie w pełni funkcjonalnego systemu do mapowania układu naczyniowego w czasie rzeczywistym, zdolnego do pracy z różnorodnymi typami obrazów i danych klinicznych, zapewniającego wysoką dokładność i użyteczność w różnych środowiskach medycznych i badawczych. Dodatkowo, maksymalny plan przewiduje stworzenie interfejsu użytkownika umożliwiającego łatwe korzystanie z systemu przez specjalistów medycznych.

5. HARMONOGRAM PRAC

- 1) Analiza struktury danych (21-28.03.2024)
- 2) Preprocessing danych (28.03-04.04.2024)
- 3) Budowa modelu (04-25.04.2024)
- 4) Trenowanie modelu (25.04-09.05.2024)
- 5) Walidacja i optymalizacja modelu (09-23.05.2024)
- 6) Ocena modelu na zbiorze testowym (23-30.05.2024)
- 7) Budowa GUI (04.04-30.05.2024)
- 8) Implementacja modelu w GUI (30.05-06.06.2024)
- 9) Prezentacja końcowa (06-13.06.2024)

6. MINIMALNY CZAS WYKONANIA PROJEKTU

Minimalny czas wykonania projektu można określić, stosując metodę krytycznej ścieżki (Critical Path Method - CPM). Metoda ta pozwala zidentyfikować serie zadań, które bezpośrednio wpływają na minimalny czas realizacji projektu, ignorując zadania, które mogą być opóźnione bez wpływu na całkowity termin.

W tym przypadku, zadania krytyczne mogą obejmować: obróbka danych, budowa i trening modelu, jako że są to etapy, które bezpośrednio wpływają na działanie i efektywność narzędzia ~ ok. 10 tygodni.

7. ANALIZA RYZYKA

Ryzyka:

- Obsługa danych: Problemy z przechowywaniem i przetwarzaniem dużych zbiorów danych, problemy z formatem danych.
- Budowa i trening modelu: Ryzyko niedostatecznej dokładności modelu z powodu ograniczeń danych lub zastosowanego modelu.
- Integracja z GUI: Problemy techniczne związane z implementacją modelu do interfejsu użytkownika.

Metody minimalizacji ryzyka:

- Obsługa danych: Użycie efektywnych algorytmów kompresji danych, cloud computing.
- Budowa i trening modelu: Stosowanie różnych technik uczenia maszynowego, eksperymentowanie z różnymi architekturami modelu.
- Integracja z GUI: Modułarna architektura projektu, umożliwiająca łatwe wprowadzanie zmian i aktualizacji/Rezygnacja z GUI.