Popularnonaukowe streszczenie projektu

Każdy z nas słyszał o nadciśnieniu tętniczym. Jest to jedna z najpopularniejszych chorób cywilizacyjnych, którą łatwo wykryć poprzez powtórzenie, w trakcie kilku dni, pomiaru ciśnienia z wykorzystaniem prostego urządzenia. Badanie to może być przeprowadzone przez pacjenta samodzielnie, bądź przy pomocy lekarza. Okazuje się, że istnieją również inne rodzaje nadciśnienia, których wykrycie nie jest już takie łatwe. Przykładem jest nadciśnienie płucne, groźna choroba charakteryzująca się podwyższonym ciśnieniem w tętnicy płucnej, dotykająca około 1% dorosłych osób.

Tętnica płucna jest ważnym elementem małego krwiobiegu odpowiedzialnego za transport krwi z serca do płuc i z powrotem w celu nasycenia naszej krwi tlenem. To właśnie tą tętnicą, nienatlenowana krew (nie tylko żyły transportują taką krew!) opuszcza serce w krótką podróż do naszych narządów wymiany gazowej. Kiedy ciśnienie w tętnicy płucnej jest niebezpiecznie wysokie (średnie ciśnienie - mPAP - powyżej 20 mmHg), stwierdza się występowanie nadciśnienia płucnego, a pacjent narażony jest na ciężkie powikłania, w tym śmierć. Przyczyn nadciśnienia płucnego jest dużo, a część z nich pozostaje niewiadomą. Z tego względu ciężko jest zdiagnozować tę chorobę bez przeprowadzenia pomiaru ciśnienia. Zadanie to jest o wiele trudniejsze niż w przypadku powszechnie znanej metody wyznaczania ciśnienia tętniczego. Standardem pomiaru ciśnienia w tętnicy płucnej jest inwazyjna metoda cewnikowania serca, polegająca na wprowadzeniu do jamy serca narzędzia umożliwiającego wykonanie odpowiednich badań. Ze względu na swój inwazyjny charakter, cewnikowanie serca niesie ze sobą ryzyko komplikacji. Pojawia się zatem pytanie: czy da się dokonać diagnozy nadciśnienia płucnego bez ryzykowania zdrowia pacjenta oraz ponoszenia kosztów?

Odpowiedzią są głębokie sieci neuronowe oraz przetwarzanie nagrań video i obrazów medycznych. W ramach proponowanego projektu planujemy opracować nowe metody oparte na głębokim uczeniu, które pozwolą na przewidywanie średniego ciśnienia w tętnicy płucnej na podstawie obrazowania serca i okolicznych naczyń krwionośnych przy użyciu rezonansu magnetycznego (MRI). Projekt będzie prowadzony przy współpracy z naukowcami z The University of Sheffield i lekarzami z Sheffield Teaching Hospitals. Nasi partnerzy mają doświadczenie w wykorzystywaniu modelowania matematycznego do diagnozowania analizowanej przez nas choroby. Przez ostatnią dekadę zebrali kilka tysięcy nagrań MRI, w różnych modalnościach, które wizualizują przepływ krwi bądź anatomię układu sercowo-naczyniowego wraz z tabelarycznymi danymi na temat pacjentów. Planujemy wykorzystać tę różnorodność danych do opracowania nowych metod umożliwiających nieinwazyjną diagnostykę nadciśnienia płucnego.

Na początkowym etapie projektu wykorzystamy najnowocześniejsze sieci neuronowe oparte na warstwach konwolucyjnych i tzw. transformerach do przewidywania wartości mPAP z pojedynczych nagrań. Uzyskane wyniki będą służyć jako punkt odniesienia do naszych dalszych badań. Przewidujemy, że wykorzystanie multimodalnego uczenia poprawi jakość predykcji. Dlatego, opierając się na istniejących architekturach opracujemy nowe modele multimodalnego uczenia, łączące cechy występujące w nagraniach tętnicy płucnej i mięśnia sercowego. Dodatkowo, w kolejnych etapach projektu, zwiększymy skuteczność naszych modeli poprzez dodanie modułów analizujących dane tabelaryczne. Jedną z głównych wad sieci neuronowych jest to, że ich przewidywania ciężko wyjaśnić (są to metody typu "czarna skrzynka"). Jest to bardzo ważny aspekt w kontekście zastosowań takich modeli w służbie zdrowia. Ostatnim etapem naszego projektu będzie praca nad wykorzystywaniem istniejących metod oraz projektowaniem nowych, które umożliwią lekarzowi zrozumienie decyzji podejmowanych przez sieć neuronową.

Proponowany projekt z kilku względów ma charakter innowacyjny. Po pierwsze, nie istnieją jeszcze metody przewidywania wartości mPAP bezpośrednio z nagrań MRI (w szczególności multimodalnych nagrań). Co więcej, opracowane sieci neuronowe mające na pierwszy rzut oka wąskie zastosowanie, mogą być wykorzystane do innych problemów przetwarzania danych wizualnych oraz tabelarycznych (nie tylko z dziedziny medycyny). W przyszłości rezultaty projektu mogą zostać wykorzystane do opracowania w pełni nieinwazyjnej metody obliczającej wszystkie pomiary uzyskiwane w trakcie cewnikowania serca. Pomoże to w uniknięciu potrzeby przeprowadzania badania z możliwymi powikłaniami w celu diagnozy innych chorób takich jak: wady wrodzone serca, kardiomiopatia czy niewydolność serca.