

Państwowy Instytut Medyczny
Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji

Natalia Turosz

**Ocena aktualnych możliwości zastosowania sztucznej
inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych**

Praca doktorska

Promotor: Dr hab. n. med. Maciej Sikora, Prof. PIM MSWiA, Prof. afiliowany PUM

Warszawa, 2025

Streszczenie w języku polskim

Wstęp: Sztuczna inteligencja (AI) stała się jedną z najbardziej obiecujących technologii wspierających współczesną medycynę, w tym również stomatologię. Definiowana jest jako zdolność maszyn do wykonywania zadań zwykle wymagających ludzkiej inteligencji. Coraz częściej ułatwia lekarzom diagnozowanie, leczenie oraz opiekę nad pacjentem. Znaczny postęp w rozwoju sprzętu komputerowego obejmujący m.in. wzrost mocy obliczeniowej procesorów, zwiększająca się ilość danych, a także nowoczesne rozwiązania w zakresie projektowania algorytmów uczenia maszynowego, pozwoliły na istotną poprawę jakości analiz dokonywanych przez oprogramowanie komputerowe. W stomatologii AI jest coraz częściej stosowana podczas analizy obrazów radiologicznych, umożliwiając wykrycie różnego rodzaju patologii takich jak próchnica, torbiele czy złamania kości. Jednym z najczęściej stosowanych badań obrazowych wykorzystywanych w codziennej diagnostyce stomatologicznej jest zdjęcie pantomograficzne, pozwalające na jednoczesną ocenę stanu uzębienia, żuchwy, kości szczęk wraz z dużą częścią zatok szczękowych, podniebienia twardego i stawów skroniowo-żuchwowych. W ostatnich latach wprowadzana jest do użytku komercyjnego coraz większa ilość oprogramowań wykorzystujących AI do analizy radiogramów. Zasadna wydaje się zatem weryfikacja tego typu programów dostępnych w Polsce oraz ocena ich przydatności w procesie leczenia pacjentów.

Cel pracy: Celem rozprawy doktorskiej jest ocena możliwości zastosowania AI w analizie zdjęć pantomograficznych, ze szczególnym uwzględnieniem jej skuteczności w identyfikacji braków zębowych, próchnicy, wypełnień w obrębie koron i kanałów korzeniowych, zmian okołowierzchołkowych, implantów, koron osadzonych na zębach własnych i implantach oraz prześlei mostów.

Materiał i metody: W pracy nr 1 przeprowadzono syntezę przeglądów systematycznych dotyczących możliwości wykorzystania AI w analizie zdjęć pantomograficznych, zgodnie z metodologią PICOS oraz wytycznymi PRIOR Statement. Materiałów źródłowych poszukiwano w czterech bazach danych (PubMed, BASE, ACM, Google Scholar). Następnie, w manuskrypcie nr 2 wykorzystano oprogramowanie AI do automatycznej analizy 1025 zdjęć OPG. Do każdej pozycji zęba algorytm przypisał obecność lub brak następujących diagnoz: (1) brakujący ząb, (2) próchnica, (3) wypełnienie w obrębie korony, (4) wypełnienie kanałowe, (5) zmiana okołowierzchołkowa, (6) implant, (7) korona na implantach, (8) korona protetyczna

na zębie własnym, (9) przeszło mostu, (10) zdrowy ząb. Uzyskane wyniki pozwoliły na przeprowadzenie badania przekrojowego dotyczącego stanu zdrowia jamy ustnej i określenia potrzeb leczniczych badanej populacji, zgodnie z wytycznymi STROBE. Obliczono chorobowości punktowe oraz współczynniki korelacji Pearsona. Badania dokładności diagnostycznej zaprezentowane w artykułach nr 3 i 4, przeprowadzono wykorzystując checklistę CLAIM oraz standard STARD. Ponad 600 zanonimizowanych radiogramów poddano indywidualnej ocenie przez dwóch lekarzy dentystów. Aby zwalidować model dokonano klasyfikacji wyników, wykorzystując macierz błędów. Następnie obliczono wskaźniki takie jak czułość, swoistość, precyzja, dokładność oraz wykonano krzywe ROC.

Wyniki: Synteza przeglądów systematycznych wykazała, że algorytmy AI osiągają bardzo wysoką, ponad 90% dokładność w identyfikacji zębów, próchnicy oraz utraty kości w przebiegu zapalenia przyzębia. Modele uczenia maszynowego (ML) wykazały się również wysoką czułością (99,95%) i swoistością (92%) w detekcji zmian okołowierzchołkowych. Z powodzeniem mogą być wykorzystywane także do wykrywania osteoporozy, zapalenia zatok szczękowych czy rozpoznawania implantów. W przeprowadzonym badaniu epidemiologicznym, najczęściej wykrywaną patologią była próchnica, która dotknęła 99% pacjentów. Ponad dwie trzecie uczestników badania posiadało przynajmniej jedno wypełnienie kanałowe, a przy co piątym przeleczonym endodontycznie zębie obecna była zmiana okołowierzchołkowa. Pacjenci posiadali średnio 15 zdrowych zębów bez oznak wcześniejszego leczenia, które przeważnie występowały w łuku dolnym. W celu uzupełnienia braków zębowych częściej stosowano mosty niż implanty. Wszystkie badane wskaźniki oceny testowanego oprogramowania AI osiągnęły wartość powyżej 90% w przypadku wykrywania brakujących zębów, wypełnień kanałowych oraz koron na implantach. Średnia wartość czułości (74,7%) i precyzji (72%) została osiągnięta w identyfikacji zmian okołowierzchołkowych. Najniższa wartość precyzji (65%) wystąpiła przy oznaczaniu koron protetycznych osadzonych na zębach własnych. W badaniu przeprowadzonym w grupie pacjentów w wieku rozwojowym, algorytm osiągnął wysoką swoistość i dokładność wynoszącą ponad 85,9%, ale niską precyzję w rozpoznawaniu próchnicy, wypełnień w obrębie korony oraz brakujących zębów. Na pogorszenie wyników mogła wpłynąć obecność zębów mlecznych, błędnie identyfikowanych jako zęby stałe.

Wnioski: AI wykazuje wysoki potencjał we wspieraniu lekarzy dentystów podczas analizy zdjęć pantomograficznych. Jej wdrożenie w gabinecie może przyspieszyć diagnostykę oraz zmniejszyć ryzyko popełnienia błędu. Dodatkowo może być przydatnym narzędziem w badaniach epidemiologicznych. Przeprowadzone z jej użyciem badanie przekrojowe grupy około tysiąca pacjentów wykazało niezadowalający stan jamy ustnej populacji wymagający podjęcia odpowiednich środków leczniczych i profilaktycznych. Niemniej, automatyczna identyfikacja zmian okołowierzchołkowych i koron protetycznych osadzonych na zębach własnych, a także analiza uzębienia stałego przeprowadzana przy obecności zębów mlecznych wciąż istotnie odbiega od wyników osiąganych przez wytrenowanych profesjonalistów i wymaga dopracowania. W związku z tym, technologii tej nie należy postrzegać jako potencjalnego zagrożenia dla pracy lekarza, lecz jako narzędzie wspomagające codzienną pracę kliniczną, oferujące dodatkową opinię. Podczas wyboru oprogramowania AI należy zwrócić uwagę, aby jego skuteczność była potwierdzona wiarygodnymi badaniami i certyfikatami.

Natalia Tumor