



Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

Szczecin, dnia 18.11.2025 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej lek. dent. inż. Natalii Turosz

pt. „Ocena aktualnych możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych”

Promotor:

Dr hab. n. med. Maciej Sikora, prof. PIM MSWiA, prof. afiliowany PUM

Sztuczna inteligencja (ang. *artificial intelligence*, AI) zyskuje coraz większe znaczenie w medycynie, w tym również stomatologii. Jej zastosowanie obejmuje zarówno wspomaganie diagnostyki, jak i tworzenie spersonalizowanych planów leczenia. Obecnie dostępne oprogramowania umożliwiają automatyczną analizę różnego rodzaju zdjęć radiologicznych.

Zdjęcie pantomograficzne jest jednym z najczęściej wykorzystywanych narzędzi diagnostycznych w praktyce stomatologicznej, pozwalającym na jednoczesną ocenę stanu uzębienia, żuchwy, fragmentu kości szczęk, części zatok szczękowych oraz stawów skroniowo-żuchwowych, przy zastosowaniu relatywnie niskiej dawki promieniowania. Istnieją liczne wskazania do jego wykonania obejmujące m.in. przeglądową ocenę potrzeb leczniczych pacjentów oraz planowanie leczenia.

Przedstawiona mi do oceny dysertacja lek. dent. inż. Natalii Turosz została napisana pod kierunkiem dr hab. n. med. Macieja Sikory, prof. PIM MSWiA, prof. afiliowanego PUM. Podstawę niniejszej rozprawy stanowi zbiór czterech spójnych tematycznie artykułów o łącznym IF: 10,3, punktacja MNiSW: 450, opublikowanych w trzech czasopismach naukowych - Journal of Clinical Medicine (Q1, IF: 3,0, MNiSW:140), Dentomaxillofacial Radiology (Q2, IF: 2,9, MNiSW:100), Pediatric Reports (Q3, IF: 1,4, MNiSW: 70) oraz dysertacja licząca 38 stron.

Doktorantka umiejętnie połączyła cztery publikacje w cykl stanowiący rozprawę doktorską, którą opatrzyła wstępem uzasadniającym wybór problemu naukowego jakim postanowiła się zająć oraz wprowadzającym czytelnika w zagadnienia będące tematem przeprowadzonych badań. W kolejnych rozdziałach Doktorantka przedstawiła cel pracy, wykorzystane metody badawcze, wyniki oraz wnioski, kończąc pracę podsumowaniem. Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej przy Świętokrzyskiej Izbie Lekarskiej.

Zbiór artykułów pod wspólnym tytułem „**Ocena aktualnych możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych**”, stanowi integralną całość i porusza bieżącą problematykę dotyczącą wykorzystania sztucznej inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych.

W skład cyklu prac wchodzi następujące publikacje:

1. **Turosz, N.**; Chęcińska, K.; Chęciński, M.; Brzozowska, A.; Nowak, Z.; Sikora, M. *Applications of Artificial Intelligence in the Analysis of Dental Panoramic Radiographs: An Overview of Systematic Reviews*. Dentomaxillofacial Radiology 2023, 20230284, doi:10.1259/dmfr.20230284.
2. **Turosz, N.**; Chęcińska, K.; Chęciński, M.; Rutański, I.; Sielski, M.; Sikora, M. *Oral Health Status and Treatment Needs Based on Artificial Intelligence (AI) Dental Panoramic Radiograph (DPR) Analysis: A Cross-Sectional Study*. Journal of Clinical Medicine 2024, 13, 3686, doi:10.3390/jcm13133686.
3. **Turosz, N.**; Chęcińska, K.; Chęciński, M.; Sielski, M.; Sikora, M. *Evaluation of Dental Panoramic Radiographs by Artificial Intelligence Compared to Human Reference: A Diagnostic Accuracy Study*. Journal of Clinical Medicine 2024, 13, 6859, doi:10.3390/jcm13226859.
4. **Turosz, N.**; Chęcińska, K.; Chęciński, M.; Lubecka, K.; Bliźniak, F.; Sikora, M. *Artificial Intelligence (AI) Assessment of Pediatric Dental Panoramic Radiographs (DPRs): A Clinical Study*. Pediatric Reports 2024, 16, 794–805, doi:10.3390/pediatric16030067.

Doktorantka we wszystkich pracach jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym, co potwierdza jej znaczące zaangażowanie w realizację poszczególnych etapów badań. Pierwszą publikację stanowi przegląd przeglądów systematycznych, natomiast trzy kolejne pozycje to prace oryginalne. Przyjęte przez Doktorantkę podejście badawcze należy ocenić bardzo pozytywnie. Rozpoczęcie pracy od przeglądu przeglądów systematycznych stanowi solidny fundament merytoryczny, umożliwiając precyzyjne ukierunkowanie dalszych prac.

Autorka sformułowała jeden cel główny oraz cztery cele szczegółowe. Celem głównym cyklu była ocena możliwości zastosowania algorytmów sztucznej inteligencji 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 przeseł mostów.

Doktorantka sformułowała ponadto cztery cele szczegółowe:

1. Ocena aktualnych możliwości sztucznej inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych oraz analiza rozwoju algorytmów AI na przestrzeni czasu.
2. Zbadanie stanu zdrowia jamy ustnej oraz potrzeb leczniczych przykładowej populacji w oparciu o analizę zdjęć pantomograficznych wykonaną przez algorytm AI.
3. Walidacja testowanego algorytmu AI obejmująca ocenę czułości, swoistości, dokładności i precyzji w analizie zdjęć pantomograficznych pacjentów z uzębieniem stałym.
4. Określenie efektywności testowanego algorytmu AI w analizie zdjęć pantomograficznych pacjentów z uzębieniem mieszanym.



W pierwszej publikacji cyklu *„Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: An overview of systematic reviews”* Doktorantka przeprowadziła przegląd przeglądów systematycznych zgodnie z metodologią PICOS oraz wytycznymi PRIOR Statement. Uwzględniono w nim literaturę pochodzącą z czterech baz danych: PubMed, ACM, BASE, Google Scholar. Analiza wykazała, że w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat nastąpił znaczny rozwój możliwości wykorzystania algorytmów AI w analizie zdjęć pantomograficznych oraz wzrost ich skuteczności w poszczególnych zastosowaniach. Bardzo dobre wyniki modele osiągają m.in. w identyfikacji i numerowaniu zębów, wykrywaniu utraty kości w przebiegu zapalenia przyzębia czy diagnozowaniu próchnicy. Doktorantka zaprezentowała również szereg innych możliwości diagnostycznych AI, w tym wykrywanie zapalenia zatok szczękowych czy choroby zwyrodnieniowej stawu skroniowo-żuchwowego na zdjęciach pantomograficznych.

W drugiej publikacji cyklu *„Oral Health Status and Treatment Needs Based on Artificial Intelligence (AI) Dental Panoramic Radiograph (DPR) Analysis: A Cross-Sectional Study”* przeprowadzono badanie przekrojowe obejmujące automatyczną analizę 1025 pantomogramów, zgodnie z zaleceniami STROBE. Badanie ujawniło niezadowalający stan zdrowia jamy ustnej populacji, w tym m.in. występowanie próchnicy u 99% pacjentów. Doktorantka zwróciła również uwagę na znacznie krótszy czas przeprowadzenia automatycznej analizy zdjęcia pantomograficznego, który wynosił kilka sekund, w porównaniu do analogicznej analizy wykonywanej przez lekarza, zajmującej ok. 4 minuty.

W trzeciej publikacji *„Evaluation of Dental Panoramic Radiographs by Artificial Intelligence Compared to Human Reference: A Diagnostic Accuracy Study”* Doktorantka przeprowadziła badanie dokładności diagnostycznej, w której dokonała manualnej oceny łącznie 600 pantomogramów pacjentów z uzębieniem stałym w celu oceny czułości, swoistości, dokładności i precyzji algorytmu AI. Tak duża próba badana zwiększa wiarygodność uzyskanych wyników oraz podnosi wartość naukową pracy. Badanie wykazało, że model osiąga bardzo dobre wyniki w identyfikacji brakujących zębów, wypełnień kanałowych, przeseł mostów, implantów oraz osadzonych na nich koron. Niższą precyzję odnotowano w rozpoznawaniu zmian okołowierzchołkowych i koron protetycznych na zębach własnych.

W czwartej publikacji *„Artificial Intelligence (AI) Assessment of Pediatric Dental Panoramic Radiographs (DPRs): A Clinical Study”* Doktorantka przeprowadziła drugie badanie dokładności diagnostycznej, tym razem w grupie pacjentów z uzębieniem mieszanym. Warto podkreślić, że autorka objęła badaniem grupę pediatryczną, dotychczas rzadko uwzględnianą w podobnych pracach. Badanie wykazało, że skuteczność algorytmu AI jest niższa w tej grupie pacjentów. Oba badania dokładności diagnostycznej przeprowadzono zgodnie z zaleceniami STARD, co świadczy o wysokiej jakości metodologicznej obu prac.

Powyższe publikacje zostały przez Doktorantkę połączone w jeden cykl, który stanowi podstawę rozprawy doktorskiej. W dysertacji przedstawiono streszczenie w języku polskim i angielskim obejmujące tematykę wszystkich czterech prac, wykaz użytych skrótów oraz piśmiennictwa (51 publikacji). Dysertacja zwieńczona jest czterema publikacjami stanowiącymi podstawę osiągnięcia, a także m.in. biogramem i analizą bibliometryczną autorki. Na uwagę zwraca interdyscyplinarne wykształcenie Doktorantki, łączące wiedzę z zakresu stomatologii i informatyki, jak i dotychczasowy dorobek naukowy obejmujący 18 publikacji o łącznym **IF: 49,3, MNiSW: 2165**. Wyniki badań zostały szczegółowo opisane przez Doktorantkę w publikacjach naukowych.



Zawarte w pracy poniższe wnioski trafnie potwierdzają założony cel badania, a zarazem odzwierciedlają realizację celów szczegółowych sformułowanych w pracy:

1. Wyraźny wzrost efektywności algorytmów wykorzystujących ML w ostatnich latach sprawił, że obecnie AI może z powodzeniem wspierać lekarzy dentystów w analizie zdjęć pantomograficznych, osiągając skuteczność zbliżoną do ekspertów w danej dziedzinie, zwłaszcza w identyfikacji i numerowaniu zębów oraz wykrywaniu utraty kości w przebiegu zapalenia przyzębia.
2. Wykonana przez oprogramowanie AI analiza 980 zdjęć pantomograficznych polskich pacjentów ujawniła niezadowalający stan zdrowia jamy ustnej badanej populacji, co sugeruje konieczność podjęcia odpowiednich działań zarówno leczniczych, jak i profilaktycznych.
3. Możliwość szybkiego generowania raportów oraz wysoka dokładność algorytmów sprawiają, że AI może znacząco ułatwić prowadzenie badań przekrojowych dotyczących stanu zdrowia jamy ustnej na bardzo dużych populacjach.
4. Testowany algorytm osiągnął bardzo dobre wyniki w identyfikacji brakujących zębów, wypełnień kanałowych, przęseł mostów, implantów oraz osadzonych na nich koron, jednak niższa precyzja w rozpoznawaniu zmian okołowierzchołkowych i koron protetycznych na zębach własnych wskazuje na potrzebę dokładnego kontrolowania tych oznaczeń.
5. Większe ryzyko uzyskania błędnej analizy występuje w przypadku uzębienia mieszanego, gdzie obecność zębów mlecznych może utrudniać AI prawidłowe rozpoznanie. W związku z tym istotny jest dalszy rozwój modeli AI, zwłaszcza tych skierowanych do pacjentów pediatrycznych.

Podsumowując, dysertacja lek. dent. inż. Natalii Turosz trafnie porusza problematykę badanego tematu. Badania zostały przeprowadzone i opisane w prawidłowy sposób. Doktorantka prezentuje kompetencje zarówno w prowadzeniu badań, jak i opracowywaniu wyników w formie publikacji naukowych.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska pt. „Ocena aktualnych możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w analizie zdjęć pantomograficznych” spełnia warunki określone w art. 187 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz 574). Wnoszę zatem do Rady Naukowej Państwowego Instytutu Medycznego Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Warszawie o dopuszczenie lek. dent. inż. Natalii Turosz do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Równocześnie ze względu na wysoką innowacyjność wnoszę o wyróżnienie pracy.

18699966
prof. dr hab. n. med. Grzegorz Trybek
specjalista chirurgii szczękowo-wargowej
specjalista chirurgii stomatologicznej