

ARTUR OLSZEWSKI

EDYTA ROSIŃSKA-WIELEC

**Akademia Nauk Stosowanych WSGE im. A. De Gasperi
w Józefowie, Polska**

edyta.rosinska@roswil.pl
ORCID: 0009-0008-1499-4401
DOI: 10.13166/awsge/210733

SZTUCZNA INTELIGENCJA W SŁUŻBIE WALKI Z RAKIEM PIERSI NA PODSTAWIE PROJEKTU ALCID

WSGE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES IN JÓZEFÓW PUBLISHING HOUSE

STRESZCZENIE

Struktury i działania społeczeństwa cyfrowego z roku na roku obejmują coraz szerzej różne obszary ludzkiej aktywności. Dynamiczny rozwój metod sztucznej inteligencji (AI) dodatkowo przyspieszył te przemiany. Jedną z dyscyplin, która wykorzystuje pojawiające się szanse na innowacyjne dokonania jest medycyna cyfrowa. Obecne jej wykorzystanie wykracza o wiele dalej niż cyfrowe rejestracje, systemy elektronicznego archiwizowania dokumentacji medycznej pacjenta, teleporady, czy monitorowanie stanu zdrowia. AI wykorzystana w diagnostyce może radykalnie odciążyć system ochrony zdrowia oraz zmniejszyć śmiertelność pacjentów onkologicznych, w tym szczególnie chorujących na raka piersi.

Artykuł analizuje zastosowanie AI do analizy obrazów histopatologicznych. Rozważa także, czy zastosowanie zintegrowanego systemu o nazwie *Mamut* opracowanego przez przedsiębiorstwo Alcid Sp. z o.o. w Polsce w latach 2022–2025 w ramach projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021 ma szansę przełożyć się zmniejszenie liczby zgonów wśród młodych i w średnim wieku kobiet w Polsce.

Badanie tego zagadnienia zostało dokonane m. in. w oparciu o literaturę tematyczną w zakresie medycyny i statystyki onkologicznej oraz na podstawie raportów z prac badawczych prowadzonych przez tę spółkę, a dotyczących opracowania narzędzia bioinformatycznego automatyzującego diagnozę raka piersi.

Omówienie tematu może stanowić podstawę dla dalszych prac prowadzonych na styku szerokorozumianej ochrony zdrowia, technologii wykorzystywanych w patologii cyfrowej i relacji instytucjonalnej lekarz-system AI-pacjent.

SŁOWA KLUCZOWE: *społeczeństwo cyfrowe, sztuczna inteligencja, medycyna cyfrowa, diagnostyka, choroby cywilizacyjne*

WPROWADZENIE

Spółeczeństwo cyfrowe to idea XXI wieku, która wraz z dynamicznym rozwojem sztucznej inteligencji (AI – ang.: *artificial intelligence*) coraz bardziej będzie wpływała na życie obecnych i rozwój przyszłych pokoleń. Technologie cyfrowe dotyczą już niemalże każdej z ludzkich aktywności. Przenikają do bardzo wrażliwych społecznie obszarów życia jak ochrona zdrowia, edukacja, czy wymiar sprawiedliwości.

Ogromne zmiany zachodzące w obszarze AI, jak rozwój *deep learningu*, wykorzystanie *big data*, czy zastosowanie sieci neuronowych, od przeszło dekady dokonują rewolucji nie tylko na poziomie akademickich badań, ale także w sposobie pracy i konsumowania wolnego czasu przez użytkowników indywidualnych. Czas pandemii COVID-19 w 2020 roku, zdaje się, nieodwracalnie przeformułował sposób korzystania z usług medycznych, kształcenia, handlu, a nawet komunikacji z administracją publiczną. Ostatnie 2 – 3 lata to kolejny skokowy wzrost uczestnictwa AI w naszym życiu. Udostępnienie użytkownikom indywidualnym na masową skalę i bezpłatnie zaawansowanych modeli generatywnych AI jak ChatGPT, DALL-E, Gemini (dawniej Bard), Claude czy Midjourney generuje możliwość i potrzebę pojawiania się nowych zawodów, a ponadto aprobatę dla wykorzystania AI do wrażliwych obszarów życia społecznego.

Szczególne znaczenie nabiera rozwój medycyny cyfrowej, która ze wsparciem AI próbuje stawiać czoła problemom zdrowia jakie ciągle nękają ludzkość, w tym w głównej mierze somatycznym chorobom cywilizacyjnym jakim są m. in. nowotwory.

Celem niniejszego artykułu jest analiza zastosowania AI w diagnostyce raka piersi na podstawie wyników projektu realizowanego przez polskie przedsiębiorstwo Alcid Sp. z o.o. w latach 2022 – 2025 w ramach programu INFOSTRATEG. W jego wyniku powstał zintegrowany system diagnostyczny o nazwie *Mamut*.

Przyjęto hipotezę wskazującą, że zastosowanie tego rozwiązania może istotnie zwiększyć precyzję i szybkość diagnostyki raka piersi, przy zachowaniu

wysokiej zgodności z oceną ekspercką co znacząco może przyczynić się do zmniejszenia śmiertelności kobiet w Polsce.

W celu weryfikacji hipotezy zastosowano metodę analizy przypadku (ang.: *case study*). Podstawą do prac badawczych była literatura przedmiotu w obszarze nauk medycznych i statystycznych dotyczących raka piersi, sposobów i efektywności diagnozowania chorób nowotworowych oraz nowatorskich rozwiązań z wykorzystaniem różnych technik AI. Informacje na temat badanego systemu zostały powzięte z raportów zawierających dokumentację trzech faz prac nad systemem *Mamut*.

Artykuł w przybliża zagadnienie raka piersi w Polsce i na świecie. Wskazuje na przyczyny rozwoju liczby zachorowań oraz trudności w walce z nim. Prezentuje następnie elementy diagnozy onkologicznej, w tym szczególnie badania histopatologicznego. W tekście znajduje się także przegląd systemów informatycznych używanych w cyfrowej patologii, które wykorzystują różne modele AI. Ich zestawienie pozwala ocenić poziom zaawansowania technologicznego polskiego systemu *Mamut*.

NOWOTWORY: WYZWANIE SPOŁECZEŃSTWA CYFROWEGO

W Polsce drugą w kolejności przyczyną zgonu są nowotwory, które decydują o śmierci 25% całej populacji naszego państwa. Obecnie choroba ta dotyka 1,17 mln Polaków, spośród których, jak szacuje Krajowy Rejestr Nowotworów, odejdzie 100 tys. osób w ciągu roku^[1].

Rak piersi to największy problem onkologiczny u kobiet na całym świecie.

^[1] KRN (2022) Krajowy Rejestr Nowotworów. *Nowotwory złośliwe piersi u kobiet – Polska 2022*. Dostęp 12.02.2025 z <https://onkologia.org.pl/pl/epidemiologia/nawotwory-zlosliwe-w-polsce>.

W 2022 roku zarejestrowano 2,3 mln nowych przypadków raka piersi u kobiet na świecie oraz 670 tys. zgonów z jego powodu^[2]. Był to najczęściej pojawiający się nowotwór u kobiet w 157 krajach.

Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) szacuje wzrost zachorowań na tę chorobę do 2050 roku aż o 38%, do ponad 3 mln, a liczba zgonów przekroczy 3,2 mln^[3].

Także w Polsce rak piersi stanowi najczęstszy nowotwór u kobiet. W 2022 roku zarejestrowano ponad 21 500 nowych przypadków oraz ponad 6 600 zgonów z jego powodu^[4]. Plasuje to nasz kraj w czołówce rankingu śmiertelności na raka piersi w UE^[5].

Ponadto tempo spadku liczby zgonów w wyniku tej choroby jest w pozostałych państwach unijnych (średnia unijna – 16%) większe niż w Polsce (–8% od 2011 roku). Dodatkowo nowotwór ten w Polsce stanowi główną przyczynę śmierci kobiet w wieku 35 – 54 lat^[6].

Chociaż dokładne przyczyny raka piersi nie są znane eksperci Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz IARC wzrostu zachorowań upatrują m. in. w starzejącym się społeczeństwie, a zatem w rozrastających się grupach wiekowych podwyższonego ryzyka, czynnikach genetycznych, złym stylu życia i pojawieniu się nowoczesnych metod diagnostycznych.

Ten ostatni czynnik stanowi jednocześnie szansę na zmniejszenie śmiertelności z powodu nowotworów, w tym raka piersi. Efektywność leczenia tego typu chorób jest bowiem silnie skorelowana z szybkością postawienia diagnozy i jej trafnością.

^[2] WHO (2024). *Breast cancer. Fact sheet, 2023*. World Health Organization. 13 March. Dostęp 12.02.2025 z <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>.

^[3] Sung, H. i in. (2021). *Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide*. CA Cancer J Clin, Nr 71(3), ss. 209–249.

^[4] Op. cit.: KRN (2022)

^[5] OECD (2025) *European Observatory on Health Systems and Policies. Poland: Country Cancer Profile*. Dostęp 12.05.2025 z https://www.oecd.org/publications/eu-country-cancer-profile-poland-2025_887fc266-en.htm.

^[6] Pawlak, M. (2024). *Rak piersi – charakterystyka, przyczyny i profilaktyka w pigułce*, Szpital Medikor. Dostęp 07.03.2025 z <https://szpital.medikor.pl/blogosfera/rak-piersi-charakterystyka-przyczyny-i-profilaktyka-w-pigulce>.

Niestety w Polsce znacząca liczba diagnoz raka piersi dokonywana jest już na późnym etapie występowania choroby. Ponadto odnotowuje się niską skuteczność programów przesiewowych powodowaną słabym uczestnictwem w nich kobiet, szczególnie na terenach wiejskich^[7] ^[8].

WYZWANIA WOBEC DIAGNOSTYKI ONKOLOGICZNEJ

Niewątpliwie starania o zmniejszenie śmiertelności powodowanej rakiem piersi w Polsce wymaga skoordynowanych działań systemowych. Jednym z obszarów walki z nowotworami jest dostęp kadry medycznej do nowoczesnych narzędzi diagnostyki onkologicznej.

Standardowy proces postawienia diagnozy obejmuje 4 elementy, tj.

- wywiad i badanie kliniczne – podstawowe badanie lekarskie, w tym badanie palpacyjne;
- diagnostyka obrazowa – RTG, USG, tomografia komputerowa, badanie endoskopowe, scyntygrafia, PET – pozytronowa tomografia emisyjna;
- badania biochemiczne – badania laboratoryjne krwi;
- badanie patomorfologiczne – pobranie materiału z obszarów dedykowanych do analizy^[9].

Ostatni etap diagnostyki raka jest rozstrzygający. Patomorfolog na podstawie pobranych tkanek, komórek, płynów ustrojowych, czy nawet całych

^[7] Gośliński, J. (2024). *Niska zgłaszalność na badania mammograficzne*, 28.09., Zwrotnik Raka.pl, Portal Onkologiczny. Dostęp 2.04.2025 z https://www.zwrotnikraka.pl/niska-zglaszalnosc-na-badania-mammograficzne/?utm_source=chatgpt.com.

^[8] Jędrzejczyk, T., Wrona, A., Owoc, A., Dziatkowiak, H., Kędra, E., Biskup, M. (2019). Inequalities in breast cancer incidence and stage distribution between urban and rural female population in Świętokrzyskie Province, w: Instytut Medycyny Wsi, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, nr 1, vol. 26, ss. 159–164. Dostęp 12.02.2025 z <https://www.aaem.pl/Inequalities-in-breast-cancer-incidence-and-stage-distribution-between-urban-and-102380,0,2.html>.

^[9] Op. cit.: KRN (2022)

narządów określa typ zmiany, jej zasięg, stopień zaawansowania oraz obecność lub brak markerów prognostycznych i predykcyjnych.

W ramach patomorfologii przeprowadzane są badania histopatologiczne, które są podstawowe dla rozpoznania raka piersi. To mikroskopowa analiza preparatów tkankowych, których celem jest potwierdzenie raka, klasyfikacja jego typu i stanu ułośliwienia.

Wzięcie pod uwagę stopnia zaawansowania klinicznego w klasyfikacji TNM, typu histologicznego, stopnia złośliwości histologicznej i typu molekularnego pozwala na ustalenie optymalnego sposobu leczenia nakierowanego precyzyjnie na dany obszar chorobowy, co w ogromnym stopniu wpływa na proces zdrowienia i same rokowania.

Istotnym problem diagnostyki raka piersi jest jego zróżnicowanie fenotypowe, skutkiem czego praca patomorfologa w tym zakresie jest czasochłonna i wystawiona na duże ryzyko pomyłki.

Spośród wykonanych biopsji zmian palpacyjnych piersi jedynie ok. 50% biopsji wskaże na zmiany złośliwe lub raka *in situ*. Pozostałe bioptaty wykażą prawidłowe utkanie, bądź zmiany łagodne nie wymagające następczego leczenia^[10].

Natomiast spośród zmian złośliwych, w zależności od badania populacji, 70-80% będą stanowiły manifestacje raka przewodowego piersi bez specjalnego typu. Pozostałe zmiany złośliwe będą zaklasyfikowane jako jeden z licznych szczególnych typów raka sutka: m.in. mikroinwazyjnego, zrazikowego, brodawkowego, cewkowego, sitowatego, śluzowego, metaplastycznego, rdzeniastego oraz nowotwory nieepitelialne.

Dotychczasowa praktyka pokazuje także, że niezależnie od typu histologicznego (z wyjątkiem raka rdzeniastego i mikroinwazyjnego) ocenia się stopień złośliwości histologicznej wg klasyfikacji Blooma-Richardsona-Scarffa w modyfikacji Elstona i Ellisa. Dzięki możliwości oceny ekspresji receptorów estrogenowych, progestagenowych oraz receptora HER-2 i Ki-67 wyróżnia się immunohistochemiczne surogaty podtypów molekularnych raka piersi.

^[10] Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza I (2022) Alcid Sp. z o.o.

W efekcie można wyróżnić przeszło 40 typów histopatologicznych raka piersi^[11]. Ta niejednorodność powoduje, że rak piersi nie jest *jedną* chorobą, przy której zmiany komórkowe zawsze wyglądają tak samo. Postawienie diagnozy w tym przypadku jest obciążone dużym nakładem pracy bardzo doświadczonego patomorfologa. Jest to poważne ograniczenie w dostępności eksperckiej diagnostyki histopatologicznej i jej trafności.

BADANIA HISTOPATOLOGICZNE Z WYKORZYSTANIEM AI

Histopatologia to obszar, w którym AI może znacząco usprawnić analizę obrazu mikroskopowego w zakresie szybkości jej opisu i trafności diagnozy. Z tego też powodu w ostatnich latach wraz ze wzrostem technologii głębokiego uczenia (*deep learning*) oraz modeli językowo-wizualnych (*GenAI*) pojawiły się pierwsze prototypy systemów wspomagających diagnostykę raka piersi. Efektywna integracja danych obrazowych i tekstowych pozwala na rywalizację grup projektowych pracujących w różnych miejscach na świecie o zwiększenie dokładności i powtarzalności diagnoz oraz skrócenie czasu analizy pobranego materiału.

Największe postępy tych prac dotyczą zastosowania konwolucyjnych sieci neuronowych (CNN, ang. *Convolutional Neural Network*)^[12] do klasyfikacji obrazów mikroskopowych (WSI, ang. *Whole Slide Image*)^[13] barwionych

^[11] WHO (2019). *Classification of Breast Tumours, 5th edition*. World Health Organization.

^[12] CNN są wykorzystywane m. in. do rozpoznawania twarzy, analiz wideo, klasyfikacji i segmentacji obrazów, a w omawianym przypadku do analizy obrazów medycznych jak tkanki, czy komórki.

^[13] WSI to całościowy, wysokorozdzielczy skan szkiełka mikroskopowego umożliwiający cyfrową analizę każdego fragmentu obrazu i złożeniu wyników w jedną diagnozę całego preparatu.

metodą hematoksylinowo-eozynową (H&E, ang. *Hematoxylin and Eosin*)^[14]. Modele CNN pozwalają na automatyczne wykrywanie cech morfologicznych komórek nowotworowych, identyfikację jąder komórkowych oraz analizę struktury tkanki.

Przykładowe osiągnięcia obejmują:

1. klasyfikację nowotworów jako łagodne lub złośliwe (np. z użyciem DenseNet, ResNet),^[15]
2. automatyczną detekcję mitoz (np. MIDOG Challenge)^[16];
3. rozpoznawanie typów histologicznych raka^[17];
4. predykcję ekspresji markerów HER2, ER, PR z obrazów H&E^[18].

Powstają również zintegrowane systemy informatyczne do cyfrowej patologii, które łączą AI z przetwarzaniem danych DICOM, przeglądarkami obrazów (np. OpenSlide, Digital Slide Archive), systemami do anotacji i platformami zdalnego dostępu. W środowiskach klinicznych testowane są rozwiązania takie jak Paige.AI, PathAI, Lunit INSIGHT czy Google Health, które osiągają wyniki porównywalne ze specjalistami w wykrywaniu zmian nowotworowych^[19].

^[14] H&E to barwniki używane najczęściej do barwienia preparatów histologicznych. Hematoxylin barwi struktury kwaśne, takie jak jądra komórkowe na kolor fioletowo-niebieski, a eosin farbuje struktury zasadowe, takie jak cytoplazma i białka zewnątrzkomórkowe, na kolor różowy lub czerwony. Umożliwiają one m. in. ocenę architektury tkanki, obecności komórek rakowych, czy nacieków zapalnych.

^[15] Wang, X. i in. (2019). *Breast cancer histopathological image classification using deep neural networks*, w: *Computers in Biology and Medicine*, Nr 123.

^[16] MIDOG (2022). *Mitosis Domain Generalization Challenge*. Dostęp 02.04.2025 z <https://midog2022.grand-challenge.org/>

^[17] Litjens, G. i in. (2017). *A survey on deep learning in medical image analysis*, w: *Medical Image Analysis*, nr 42, ss. 60–88.

^[18] Rawat, W. i in. (2021). *Deep learning for histopathological image analysis: Recent trends and future directions*, w: *Computers in Biology and Medicine*, Nr 128.

^[19] Steiner, D. F. i in. (2018). *Impact of deep learning assistance on the histopathologic review of lymph nodes for metastatic breast cancer*, w: *American Journal of Surgical Pathology*, Nr 42(12), ss. 1636–1646.

CYFROWY SYSTEM DO BADAŃ HISTOPATOLOGICZNYCH MAMUT

Jednym z najbardziej rozwiniętych przykładów tego typu inicjatyw w Polsce jest wspomniany wcześniej system wizualizacji preparatów histopatologicznych o nazwie *Mamut*. Rozwiązanie to reprezentuje zaawansowany poziom integracji obrazu, opisu i interfejsów użytkownika poprzez zastosowanie nowego trendu jakim jest integracja modeli językowych (LLM, ang. *Large Language Models*) z analizą obrazów medycznych. Podejście takie miało charakter eksperymentalny ale finalnie pokazało potencjał multimodalnych modeli w medycynie.

W projekcie Alcid dokonano wynalazku polegającego na wspomaganiu komputerowym identyfikowania raka piersi w oparciu o analizę zdigitalizowanego barwionego preparatu histopatologicznego, w szczególności barwionego hemotoksyliną i eozyną, w oparciu o model uczenia maszynowego do analizy co najmniej jednego cyfrowo obrazowanego całego preparatu mikroskopowego (WSI)^[20].

Proces takiej identyfikacji obejmuje 4 etapy:

- a. odbieranie obrazu cyfrowego – co najmniej jednego WSI;
- b. identyfikacja zastosowanego barwnika;
- c. wczytywanie warstw obrazu WSI i ich wstępne przetwarzanie do skali szarości,
- d. detekcja i predykcja zmian nowotworowych w analizowanym obrazie.

Ten ostatni etap obejmuje:

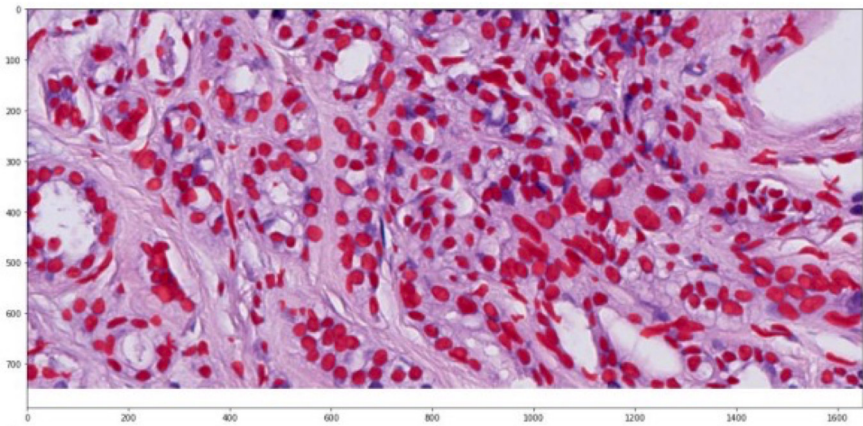
- a. fragmentację obrazu na kafle stanowiące fragmenty o zadanej ilości pikseli;
- b. identyfikację krawędzi i listy kafli;

^[20] Op. cit.: Raport (2022) oraz *Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza II.* (2024) Alcid Sp. z o.o.; *Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza III* (2025) Alcid Sp. z o.o.

- c. dynamiczne wytworzenie zbioru danych z kafli w dwóch skalach: $80\mu\text{m}$ /piksel i $320\mu\text{m}$ /piksel;
- d. klasyfikację każdego kafła z określonym progiem pewności wynoszącym od 0,7 do 0,86;
- e. generowanie wielokątów określających obszary dysplazji na podstawie zadanego progu pewności.

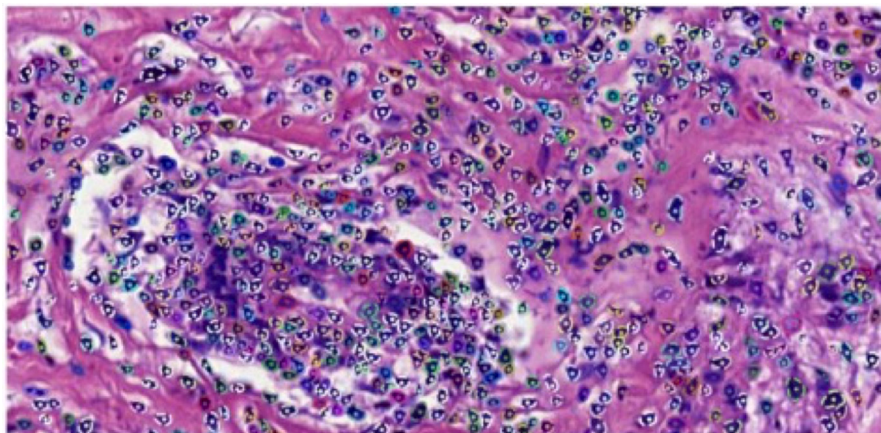
Poniższe zdjęcia prezentują ostatni etap procesu detekcji zmian nowotworowych w obrazie etykietowanych przez człowieka, a na kolejnym zaznaczonym przez AI.

Rysunek 1: Przykładowy obraz etykietowania komórek wykonany przez człowieka



Źródło: opracowanie własne na podstawie Raport (2025).

Rysunek 2: Przykładowy obraz maszynowej detekcji komórek z wykorzystaniem AI



Źródło: opracowanie własne na podstawie Raport (2025).

WYNIKI DOKŁADNOŚCI I EFEKTYWNOŚCI SYSTEMU MAMUT

Wyróżniającą się cechą opisywanego rozwiązania jest jego wysoka wydajność i dokładność. Standardowa efektywność pracy histopatologa szacowana jest na analizę 3 pobranych preparatów w ciągu godziny. Oznacza to, że w ciągu jednego pełnowymiarowego dnia pracy jest on w stanie zdiagnozować ok. 30 przypadków. System omawianej cyfrowej patologii medycznej w ciągu doby wykonuje oceny przeszło 646 slajdów. To przeszło 20-krotnie lepszy wynik.

Ponadto system zdumiewa swoją dokładnością. Wyniki wskazują, że system ten osiągnął skuteczność rozpoznawania zmian nowotworowych z dokładnością $ROC^{[21]} \geq 0,95\%$.

^[21] ROC, ang. *Receiver Operating Characteristic* – narzędzie statystyczne służące do pomiaru skuteczności klasyfikacji binarnej, np. *rak* vs *brak raka*. Im bliżej wartości 1.0, tym lepszy model.

Cechą utrudniającą użytkowanie wielu systemów jest wadliwość funkcjonowania interfejsu użytkownika, co uniemożliwia efektywne i szybkie korzystanie z systemu. Występowanie takich problemów jak utrata danych, wyrzucenie z programu, zawieszenie, niewidoczne komunikaty, czy brak możliwości zatwierdzenia diagnozy ocenia się liczbą błędów krytycznych UI (*user interface*). W opracowanym rozwiązaniu nie pojawił się żaden taki błąd, co jest o tyle kluczowe, że w ich wyniku mogłoby dochodzić do błędnej diagnozy.

Poniższa tabela prezentuje dane pozwalające na ocenę realizacji założeń projektowych systemu *Mamut*. Zestawia ona założone progi akceptacji, wg których można ocenić, czy warunek został spełniony z osiągniętymi przez Alcid wynikami. Dla wszystkich czterech przedstawionych powyżej kryteriów warunki realizacji zostały spełnione.

Tabela 1: Kryteria realizacji założeń projektowych systemu *Mamut*

Kategoria	Założony próg akceptacji	Rzeczywisty wynik w testach Alcid	Status
Dokładność AUC ²² (kliniczna)	$\geq 0,95$	0,95	✓
Dokładność ROC	$\geq 95 \%$	95 %	✓
Liczba ocen slajdów	$\geq 500/\text{dobę}$	$\geq 646/\text{dobę}$	✓
Błędy krytyczne UI (User Interface)	0	0	✓

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Raport, 2022, 2024, 2025).

PODSUMOWANIE

Rewolucja cyfrowa, a wraz z nią rozwój sztucznej inteligencji zmienia bezpowrotnie styl i jakość naszego życia. Przemodelowaniu ulegają kariery zawodowe, systemy kształcenia, sposoby pracy i konsumpcji wolnego czasu. AI coraz dynamiczniej zaczyna wpływać nawet na najbardziej wrażliwe społecznie obszary naszego życia, jak medycyna, edukacja czy relacje z administracją

państwową. Tempo życia ulega przyspieszeniu, a wraz z nim wzrasta liczba chorób cywilizacyjnych.

Medycyna cyfrowa otwiera nowy etap leczenia chorób somatycznych, w tym tak powszechnych jak nowotwory. Zaczęła ona wykraczać już daleko poza aplikacje monitorujące tętno, pozwalające na zdalną rezerwację wizyty czy inne tego typu platformy e-zdrowia. Integracja technologii cyfrowych z praktyką kliniczną obejmuje już takie obszary jak diagnostykę, leczenie, czy nawet profilaktykę.

Jednym z pilnych zagadnień medycznych jest rak piersi – najczęstszy zabójca kobiet w młodym i średnim wieku w Polsce. Trudności w jego zwalczaniu upatruje się w obciążeniach genetycznych, złym stylu życia, niskich wynikach programów przesiewowych oraz słabych zasobach diagnostycznych. Istnieje jednak szansa, że system ochrony zdrowia w Polsce będzie mógł wykorzystać nowoczesne narzędzia cyfrowe oparte o modele AI, by zmniejszyć śmiertelność wśród kobiet wynikająca z tej choroby.

W ostatnich bowiem latach nastąpił dynamiczny rozwój cyfrowej histopatologii, w szczególności w oparciu o modele predykcyjne i techniki obrazowania preparatów histopatologicznych zawierające fragmenty obrazu, zwanych także cyfrowym obrazowaniem całych preparatów mikroskopowych (WSI). Rozwiązanie takie zostało zaimplementowane także do opracowania diagnostycznego narzędzia, jakim jest zintegrowany system *Mamut* zdolny do automatycznego przetwarzania obrazów preparatów histopatologicznych oraz interaktywnej pracy z lekarzem patologiem.

Przeprowadzone na nim badania weryfikujące realizację założonych progów kwalifikacyjnych pokazały jego skuteczność diagnostyczną na bardzo wysokim poziomie ROC $\geq 0,95$ oraz dużą efektywność – 646 zdiagnozowanych preparatów na dobę. Walidacja przeprowadzona przez niezależnych ekspertów potwierdziła jego kliniczną przydatność.

Projekt ten nosi znamiona wynalazku i został zgłoszony do opatentowania w Polsce i w państwach UE i może służyć jako wzorzec integracji AI z praktyką medyczną.

Zastosowanie AI w histopatologii otwiera nowe możliwości w zakresie automatyzacji diagnozy, standaryzacji opisu oraz redukcji subiektywności oceny. Oczywiście finalna ocena patologa ciągle powinna być zachowania, a rozwiązanie takie traktowane jako wspomagające, niemniej uzyskane w badaniach parametry pokazują, że cyfrowy patolog zasadniczo myli się o wiele rzadziej niż człowiek.

BIBLIOGRAFIA

- Gośliński, J. (2024). *Niska zgłaszalność na badania mammograficzne*, 28.09., Zwrotnik Raka.pl, Portal Onkologiczny. Dostęp 2.04.2025 z https://www.zwrotnikraka.pl/niska-zglaszalnosc-na-badania-mammograficzne/?utm_source=chatgpt.com
- Jędrzejczyk, T., Wrona, A., Owoc, A., Dziatkowiak, H., Kędra, E., Biskup, M. (2019). *Inequalities in breast cancer incidence and stage distribution between urban and rural female population in Świętokrzyskie Province*, w: Instytut Medycyny Wsi, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, nr 1, vol. 26, ss. 159–164. Dostęp 12.02.2025 z <https://www.aaem.pl/Inequalities-in-breast-cancer-incidence-and-stage-distribution-between-urban-and,102380,0,2.html>
- KRN (2022) Krajowy Rejestr Nowotworów. *Nowotwory złośliwe piersi u kobiet – Polska 2022*. Dostęp 12.02.2025 z <https://onkologia.org.pl/pl/epidemiologia/nawotwory-zlosliwe-w-polsce>
- Litjens, G. i in. (2017). *A survey on deep learning in medical image analysis*, w: *Medical Image Analysis*, nr 42, ss. 60–88.
- MIDOG (2022). *Mitosis Domain Generalization Challenge*. Dostęp 02.04.2025 z <https://midog2022.grand-challenge.org/>
- OECD (2025) *European Observatory on Health Systems and Policies. Poland: Country Cancer Profile*. Dostęp 12.05.2025 z https://www.oecd.org/publications/eu-country-cancer-profile-poland-2025_887fc266-en.htm
- Pawlak, M. (2024). *Rak piersi – charakterystyka, przyczyny i profilaktyka w pigułce*, Szpital Medikor. Dostęp 07.03.2025 z <https://szpital.medikor.pl/blogosfera/rak-piersi-charakterystyka-przyczyny-i-profilaktyka-w-pigulce>
- Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza I (2022) Alcid Sp. z o.o.
- Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza II. (2024) Alcid Sp. z o.o.
- Raport z realizacji projektu INFOSTRATEG-I/0041/2021-00, Faza III (2025) Alcid Sp. z o.o.

- Rawat, W. i in. (2021). *Deep learning for histopathological image analysis: Recent trends and future directions*, w: *Computers in Biology and Medicine*, Nr 128.
- Steiner, D. F. i in. (2018). *Impact of deep learning assistance on the histopathologic review of lymph nodes for metastatic breast cancer*, w: *American Journal of Surgical Pathology*, Nr 42(12), ss. 1636–1646.
- Sung, H. i in. (2021). *Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide*. *CA Cancer J Clin*, Nr 71(3), ss. 209–249.
- Wang, X. i in. (2019). *Breast cancer histopathological image classification using deep neural networks*, w: *Computers in Biology and Medicine*, Nr 123.
- WHO (2019). *Classification of Breast Tumours*, 5th edition. World Health Organization.
- WHO (2024). *Breast cancer. Fact sheet*, 2023. World Health Organization. 13 March. Dostęp 12.02.2025 z <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>