



ZASTOSOWANIE NARZĘDZI SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PERCEPCJI ELEKTORADIOLOGÓW

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS
IN THE PERCEPTION OF ELECTORADIOLOGISTS

Bartłomiej Nowak, Kornelia Koszczyk, Elżbieta Łuczyńska

Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński / Collegium Medicum Jagiellonian University, Kraków, Poland
Zakład Elektroradiologii / Department of Electroradiology

INFORMACJE KLUCZOWE

- Badanie dotyczyło zastosowania narzędzi sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) w ocenie elektroradiologów.
- Istnieje konieczność dalszych szkoleń w zakresie AI, aby umożliwić jej wdrożenie w diagnostyce obrazowej.
- Ważne są działania edukacyjne podnoszące świadomość i zaufanie do AI w diagnostyce obrazowej.
- Bariery wdrażania AI mają głównie charakter kompetencyjny, organizacyjny i psychologiczny.

HIGHLIGHTS

- The study examined the use of artificial intelligence (AI) tools in the work of electroradiologists.
- Further training in AI is needed to facilitate its implementation in diagnostic imaging.
- Educational initiatives that raise awareness and build trust in AI for diagnostic imaging are important.
- The barriers to AI implementation are primarily related to competence, organization, and psychology.

STRESZCZENIE

Wstęp: Sztuczna inteligencja (*artificial intelligence* – AI) odgrywa coraz większą rolę w diagnostyce obrazowej, wspierając specjalistów w poprawie jakości i szybkości usług medycznych. Mimo potencjału AI elektroradiolodzy wyrażają obawy dotyczące błędów algorytmów, nadmiernego polegania na technologii i kwestii etycznych. Konieczne jest dalsze kształcenie personelu medycznego, aby zapewnić bezpieczne i świadome wdrażanie AI w diagnostyce. Celem niniejszego badania jest analiza zastosowania narzędzi AI w percepcji elektroradiologów, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na organizację pracy w tym zawodzie. **Materiał i metody:** Pracę zrealizowano metodą sondażu diagnostycznego w formie badań ankietowych w II kwartale 2025 r. W analizie wykorzystano zarówno statystyki opisowe, jak i testy statystyczne, umożliwiające ocenę istotności różnic i zależności pomiędzy zmiennymi. W celu analizy zmiennych ilościowych przeprowadzono statystyki opisowe. Obliczenia statystyczne opierały się na teście χ^2 . Jako poziom istotności przyjęto $p < 0,05$. W analizach uwzględniających wiek respondentów przedziały wiekowe zostały wcześniej odpowiednio skategoryzowane. **Wyniki:** W badaniu wzięło udział 202 aktywnych zawodowo elektroradiologów (pracujących w diagnostyce obrazowej i radiologii zabiegowej), w tym 166 kobiet (82,18%) i 36 mężczyzn (17,82%). Średni wiek badanych wyniósł 31,75 roku. W analizach nie wykazano zależności statystycznych pomiędzy wykształceniem, wiekiem, stażem pracy a poziomem wiedzy nt. zagadnień związanych z AI. Zależności występowały w przypadku implementacji w różnych placówkach medycznych oraz w związku z wykorzystaniem tych narzędzi w pracy elektroradiologów. W pogłębionych analizach badani wykazywali pozytywne nastawienie do narzędzi AI, ale jednocześnie wyniki wskazywały na niedostateczną edukację w tym zakresie i potrzebę szkoleń. **Wnioski:** Większość elektroradiologów zna ogólne pojęcie AI, jednak brakuje im wiedzy szczegółowej, co wskazuje na potrzebę ukierunkowanego kształcenia. Mimo pozytywnego nastawienia wobec AI niedobór szkoleń ogranicza gotowość do jej wdrażania. Wiek i miejsce pracy wpływają na percepcję AI, podczas gdy wykształcenie, płeć i staż pracy pozostają bez istotnego znaczenia. Główne bariery mają charakter kompetencyjny i organizacyjny, co podkreśla konieczność wprowadzenia spójnych programów edukacyjnych. *Med Pr Work Health Saf.* 2026;77(2):147–161

Słowa kluczowe: edukacja, radiologia, elektroradiolog, sztuczna inteligencja, narzędzia AI, ryzyko AI

ABSTRACT

Background: Artificial intelligence (AI) is playing an increasingly important role in diagnostic imaging, helping specialists improve the quality and speed of medical services. Despite the potential of AI, electroradiologists express concerns about algorithm errors, over-reliance on technology, and ethical issues. Further training of medical personnel is necessary to ensure the safe and informed implementation of AI in diagnostics. This study examines the use of AI tools as perceived by radiographers, focusing on their impact on work organization. **Material and Methods:** The work was carried out using a diagnostic survey method in the form of questionnaires. The survey

was conducted in the second quarter of 2025. The analysis used both descriptive statistics and statistical tests to assess the significance of differences and relationships between variables. Descriptive statistics analyzed quantitative variables. Statistical calculations were based on the χ^2 test. A significance level of $p < 0.05$ was adopted. In analyses considering respondents' age, age groups were categorized accordingly. **Results:** The study involved 202 professionally active electroradiologists (working in diagnostic imaging and interventional radiology) – 166 women (82.18%) and 36 men (17.82%), with an average age of 31.75 years. Analyses showed no statistical correlation between education, age, work experience, and level of knowledge about AI. However, correlations appeared in the implementation of these tools across medical facilities and their use in radiographers' work. In-depth analyses revealed a positive attitude toward AI tools but also highlighted insufficient education and the need for training. **Conclusions:** Most electroradiologists are familiar with the general concept of AI, but lack detailed knowledge, indicating a need for targeted education. Despite a positive attitude towards AI, a lack of training limits readiness for its implementation. Age and workplace influence the perception of AI, while education, gender, and seniority remain insignificant. The key barriers are competency- and organization-related, highlighting the need for consistent educational programs. *Med Pr Work Health Saf.* 2026;77(2):147–161

Key words: education, radiology, radiographer, artificial intelligence, AI tools, AI risk

Autor do korespondencji / Corresponding author: Bartłomiej Nowak, Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński, Zakład Elektroradiologii, Michałowski 12, 31-126 Kraków, e-mail: bartlomiej1.nowak@uj.edu.pl
Nadesłano: 20 października 2025, zatwierdzono: 12 marca 2026

WSTĘP

Sztuczna inteligencja (*artificial intelligence* – AI) stanowi obecnie jedno z najdynamiczniej rozwijających się narzędzi we współczesnej medycynie. Szczególne znaczenie zyskuje w obszarze diagnostyki obrazowej, gdzie nowoczesne technologie wspomagają pracę specjalistów, przyczyniając się do poprawy jakości świadczonych usług, zwiększenia efektywności pracy i skrócenia czasu oczekiwania na wyniki, co ma szczególne znaczenie w kontekście wczesnego wykrywania poważnych chorób i ratowania życia pacjentów [1–3].

Systemy inteligentne oferują obiecujące rozwiązania w zakresie automatyzacji analizy obrazów, wykrywania patologii oraz wspomagania procesu diagnozowania. Chociaż to lekarze radiolodzy odpowiadają za ostateczną diagnozę, AI może wspomagać elektroradiologów, oferując im narzędzia do szybszego i dokładniejszego wykonania badań oraz umożliwiając lepsze przygotowanie obrazów do analizy [4,5]. W kontekście stosowania urządzeń i rozwoju AI należy zdefiniować 3 elementarne zagadnienia, które zostały zaimplementowane w diagnostyce obrazowej:

- uczenie maszynowe (*machine learning* – ML),
- głębokie uczenie (*deep learning* – DL),
- sztuczne sieci neuronowe (*artificial neural network* – ANN).

W ML komputery tworzą modele zdolne do samodzielnego rozpoznawania wzorców i podejmowania decyzji na podstawie danych. Algorytmy ML uczą się z dostępnych informacji i dostosowują swoje działanie do nowych danych [1,3]. Z kolei DL jest poddziedziną ML wykorzystującą wielowarstwowe sztuczne sieci neuronowe do automatycznego rozpoznawania wzorców w danych (np. obrazach, dźwiękach lub tekście). Głębokie uczenie, w odróżnieniu od ML, samodzielnie wyodrębnia

istotne cechy z danych bez potrzeby ręcznego ich projektowania [1,3,5]. Sztuczne sieci neuronowe są natomiast systemami inspirowanymi budową ludzkiego mózgu złożonymi z przetwarzających dane połączonych warstw neuronów, w których każdy neuron dokonuje obliczeń z uwzględnieniem wag i funkcji aktywacji, a dzięki propagacji wstecznej sieć uczy się na podstawie przykładów, rozpoznając wzorce i podejmując decyzje [2–5].

Mimo wielu korzyści AI nie jest wolna od błędów, gdyż algorytmy mogą dawać fałszywe wyniki. Istnieje również ryzyko nadmiernego polegania na technologii, co może prowadzić do osłabienia czujności klinicznej u personelu medycznego. Dodatkowo pojawiają się pytania o kwestie etyczne, odpowiedzialność za ewentualne błędy i bezpieczeństwo danych pacjentów [2,6,7]. Mimo tych wyzwań rozwój AI w medycynie jest nieunikniony i wpisuje się w szerszy trend cyfryzacji oraz automatyzacji procesów diagnostycznych [8].

Coraz więcej badań naukowych dotyczy roli AI w pracy radiologów, jednak niewiele z nich koncentruje się na wpływie tej technologii na elektroradiologów oraz na tym, jak postrzegają jej zastosowanie w codziennej praktyce. Z dotychczasowych analiz wynika, że chociaż elektroradiolodzy wykazują zainteresowanie AI, to wciąż towarzyszą im obawy związane z jej wykorzystaniem, najczęściej dotyczące możliwości wyparcia ich pracy przez technologie. Inni dostrzegają w niej jednak szansę na rozwój nowych ról zawodowych i zdobycie nowych umiejętności, które modyfikują zarówno codzienną praktykę kliniczną, jak i organizację pracy [9–11]. Narzędzia AI w pracy elektroradiologa są wykorzystywane najczęściej w takich procesach jak:

- pozycjonowanie lampy rentgenowskiej i detektora w badaniach RTG,
- kolimacja wiązki, obróbka i rekonstrukcja obrazu,

- pozycjonowanie pacjenta i planowanie zakresu badania, w tym dobór parametrów akwizycji obrazu.

Celem niniejszego badania jest analiza zastosowania narzędzi AI w percepcji elektroradiologów, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na organizację pracy w tym zawodzie.

MATERIAŁ I METODY

Badanie zostało przeprowadzone metodą sondażu diagnostycznego w formie badania ankietowego na portalach branżowych zrzeszających elektroradiologów w II kwartale 2025 r. Na potrzeby jego realizacji uzyskano zgodę Komisji ds. Etyki Badań Naukowych Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum (nr 118.0043.1.520.2024). Wypełnienie kwestionariusza ankietowego było jednoznaczne z wyrażeniem zgody na przystąpienie do badania.

Kwestionariusz składał się z 3 części:

- część pierwsza (metryczkowa) zawierała pytania dotyczące danych socjodemograficznych i zawodowych, m.in. płci, wieku, wykształcenia, miejsca zamieszkania, stażu pracy, typu placówki (6 pytań);
- część druga – pytania dotyczyły poziomu świadomości respondentów na temat zagadnień związanych z AI (7 pytań);
- część trzecia (opinie i odczucia związane z narzędziami AI) – pytania dotyczyły źródeł wiedzy na temat AI, udziału w szkoleniach oraz barier i oczekiwań wobec dalszego kształcenia (11 pytań).

Ankieta zawierała 24 pytania zamknięte, w tym jednokrotnego i wielokrotnego wyboru lub mierzone za pomocą 5-stopniowej skali Likerta (1 – „zdecydowanie się nie zgadzam”, 5 – „zdecydowanie się zgadzam”).

Kryterium włączenia obejmowało:

- odpowiednie wykształcenie zawodowe,
- czynne wykonywanie zawodu elektroradiologa,
- pracę w diagnostyce obrazowej lub radiologii zabiegowej,
- znajomość języka polskiego w stopniu pozwalającym na samodzielne zrozumienie treści kwestionariusza i udzielenie odpowiedzi,
- poprawne i kompletne wypełnienie formularza ankietowego.

Analizę statystyczną zgromadzonych danych przeprowadzono przy użyciu programu SPSS Statistics, wersja 28 (IBM Corporation, Nowy Jork, USA). W analizie wykorzystano zarówno statystyki opisowe, jak i testy statystyczne umożliwiające ocenę istotności różnic i zależności pomiędzy zmiennymi. W analizie zmiennych

ilościowych wykorzystano statystyki opisowe. Obliczenia statystyczne opierały się na teście χ^2 . Jako poziom istotności przyjęto $p < 0,05$. W analizach, w których brano pod uwagę wiek respondentów, odpowiednio skategoryzowano uprzednio ustalone przedziały wiekowe.

WYNIKI

Wiek, płeć, miejsce zamieszkania i wykształcenie

W badaniu wzięło udział 202 aktywnych zawodowo elektroradiologów – 166 kobiet (82,18%) i 36 mężczyzn (17,82%). Średnia (*mean* – *M*) wieku badanych osób wyniosła 31,75 roku, odchylenie standardowe (*standard deviation* – *SD*) 9,04 roku, mediana (*median* – *Me*) 29 lat, kwartyle (*quartile* – *Q*) Q1–Q3: 25–37 lat, przy czym najmłodsza osoba miała 19, a najstarsza 60 lat. Pod względem wykształcenia najliczniejszą grupę stanowili absolwenci studiów licencjackich – 76 osób (37,62%). Techników było 64 (31,68%), a osób z tytułem magistra elektroradiologii – 62 (30,69%).

Najwięcej uczestników badania pochodziło z województw:

- mazowieckiego (*N* = 37, 18,32%),
- śląskiego (*N* = 26, 12,87%),
- małopolskiego (*N* = 26, 12,87%).

Pozostałe osoby reprezentowały inne województwa, a ich udział nie przekraczał 10%.

Badana grupa charakteryzowała się dużą przewagą kobiet, ale była zróżnicowana pod względem wieku, poziomu wykształcenia i miejsca zamieszkania, co umożliwiło uzyskanie zróżnicowanych wyników odzwierciedlających różne perspektywy i poziomy świadomości zastosowania narzędzi AI. Najliczniejszą grupę respondentów stanowiły osoby z doświadczeniem zawodowym 1–5 lat, które reprezentowały niespełna 36% badanych (*N* = 72). Na drugim miejscu znaleźli się elektroradiolodzy z >10-letnim stażem pracy (*N* = 51, 25,2%). Respondenci pracujący w zawodzie <1 rok stanowili 20,3% ogółu (*N* = 41), natomiast najmniej liczną grupę tworzyły osoby ze stażem 6–10 lat – 18,8% (*N* = 38). Taki rozkład wskazuje na znaczną reprezentację zarówno młodych elektroradiologów rozpoczynających karierę, jak i tych doświadczonych, z długoletnim stażem.

Wyniki badania wskazały na stosunkowo wysoki poziom znajomości ogólnego pojęcia „sztucznej inteligencji”, którego rozpoznawalność zadeklarowało aż 97,03% (*N* = 196) respondentów. Już jednak w przypadku bardziej szczegółowej terminologii, takiej jak „uczenie maszynowe” i „głębokie uczenie”, poziom deklarowanej znajomości był wyraźnie niższy, odpo-

wiednio, 54,95% (N = 111) i 47,52% (N = 96). Oznacza to, że około połowa badanych nie rozpoznawała tych pojęć, mimo że stanowią one fundamentalne komponenty współczesnych technologii AI. Szczególnie istotny jest wynik dotyczący rozumienia różnic pomiędzy pojęciami „sztuczna inteligencja”, „uczenie maszynowe” a „głębokie uczenie”.

Ponad połowa badanych nie rozumiała struktury hierarchicznej tych zagadnień. Dane te sugerują potrzebę intensyfikacji działań edukacyjnych, których celem byłoby nie tylko popularyzowanie samego pojęcia sztucznej inteligencji, lecz przybliżenie jej struktury pojęciowej oraz funkcjonalnych różnic między najważniejszymi terminami.

Wykształcenie, wiek, staż pracy

a poziom znajomości podstawowych zagadnień AI

W analizie statystycznej zestawiono poziom wykształcenia, wiek oraz staż pracy z poziomem wiedzy respondentów dotyczącej rozumienia podstawowych pojęć AI. Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Analiza zależności między poziomem wykształcenia a poziomem wiedzy nt. zagadnień dotyczących AI nie wykazała istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$). Wyniki testu χ^2 ($\chi^2 = 7,47$, $df = 14$, $p = 0,915$) i pogłębiona analiza wskazują, że zarówno technicy, licencjaci, jak i magistrzy elektroradiologii prezentują zbliżony poziom wiedzy na temat zagadnień AI, uczenia maszynowego i głębokiego uczenia. Sugeruje to, że wiedza w tym zakresie pochodzi raczej z doświadczeń osobistych, szkoleń, indywidualnych zainteresowań respondentów niż z edukacji formalnej (tabela 1).

Analiza zależności między wiekiem a poziomem wiedzy nt. zagadnień dotyczących AI nie wykazała istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$). W pogłębionej analizie wynik testu χ^2 dla znajomości pojęcia „uczenie maszynowe” był zbliżony do istotności ($\chi^2 = 5,53$, $p = 0,063$), jednak efekt był słaby (V Cramera = 0,17). Można interpretować to jako tendencję pokoleniową – młodsze osoby, które kończyły studia w ostatnich latach, częściej miały kontakt z tematyką AI (tabela 1).

Analiza zależności pomiędzy stażem pracy a poziomem wiedzy nt. zagadnień dotyczących AI nie wykazała statystycznych zależności ($p > 0,05$). Oznacza to, że długość doświadczenia zawodowego nie wpływała w sposób istotny na poziom wiedzy w analizowanych obszarach. Może wynikać z tego, że narzędzia AI są wciąż nowością w środowisku elektroradiologów i niezależnie od stażu wymagają specjalistycznych szkoleń, które nie są powszechnie dostępne (tabela 1).

Zakres i wykorzystanie AI przez elektroradiologów

Ponad połowa respondentów (N = 109, 53,96%) wskazała, że w ich miejscu pracy wykorzystywana jest AI. Brak takich rozwiązań zadeklarowało nieco >40% badanych (N = 81). Codzienne używanie narzędzi AI zadeklarowało niespełna 23% respondentów (N = 46), a porównywalna grupa (N = 47, 23,27%) korzystała z nich kilka razy w tygodniu. Najwięcej osób (N = 78, 38,61%) wskazało na sporadyczne używanie AI, a 15,35% (N = 31) badanych nigdy nie korzystało z tego typu rozwiązań w swojej pracy. Najczęściej wskazywanymi obszarami wykorzystania AI w pracy przez elektroradiologów były:

- automatyczna poprawa parametrów obrazu (N = 99),
- redukcja artefaktów (N = 92),
- rekonstrukcja obrazów (N = 81),
- wspomaganie w analizie obrazów (N = 68).

Mniej respondentów wskazywało na AI jako narzędzie służące do redukcji dawki promieniowania i dostosowywania parametrów skanowania (N = 67), a także do automatycznego pozycjonowania lampy rentgenowskiej i detektora (N = 52) oraz skracania czasu badania (N = 50).

Najrzadziej wymieniano bardziej specjalistyczne funkcje, takie jak:

- analiza perfuzji i dyfuzji (N = 17),
- obliczanie wskaźników uwapnienia tętnic wieńcowych (N = 20),
- autoplanowanie zakresu badania (N = 37) (rycina 1).

Miejsce pracy a korzystanie z narzędzi AI

Wykazano istotnie statystyczną zależność między miejscem pracy elektroradiologów a korzystaniem z narzędzi AI ($\chi^2 = 11,09$, $p = 0,0256$), ale efekt jest słaby (V Cramera = 0,17) (tabela 2). Wynik ten sugeruje, że elektroradiolodzy w zależności od miejsca zatrudnienia mają do czynienia z różnym stopniem wdrożenia technologii opartych na AI. Szpitale i centra diagnostyczne są bardziej zaawansowane w zakresie implementacji narzędzi AI niż przychodnie. Może to wynikać z większej dostępności zasobów, wyższej referencyjności i profilu działalności, co sprzyja wykorzystaniu nowoczesnych technologii. Warto także zaznaczyć, że wyniki tej analizy mogą sugerować konieczność większego wsparcia i inwestycji w przychodniach i poradniach specjalistycznych (tabela 2).

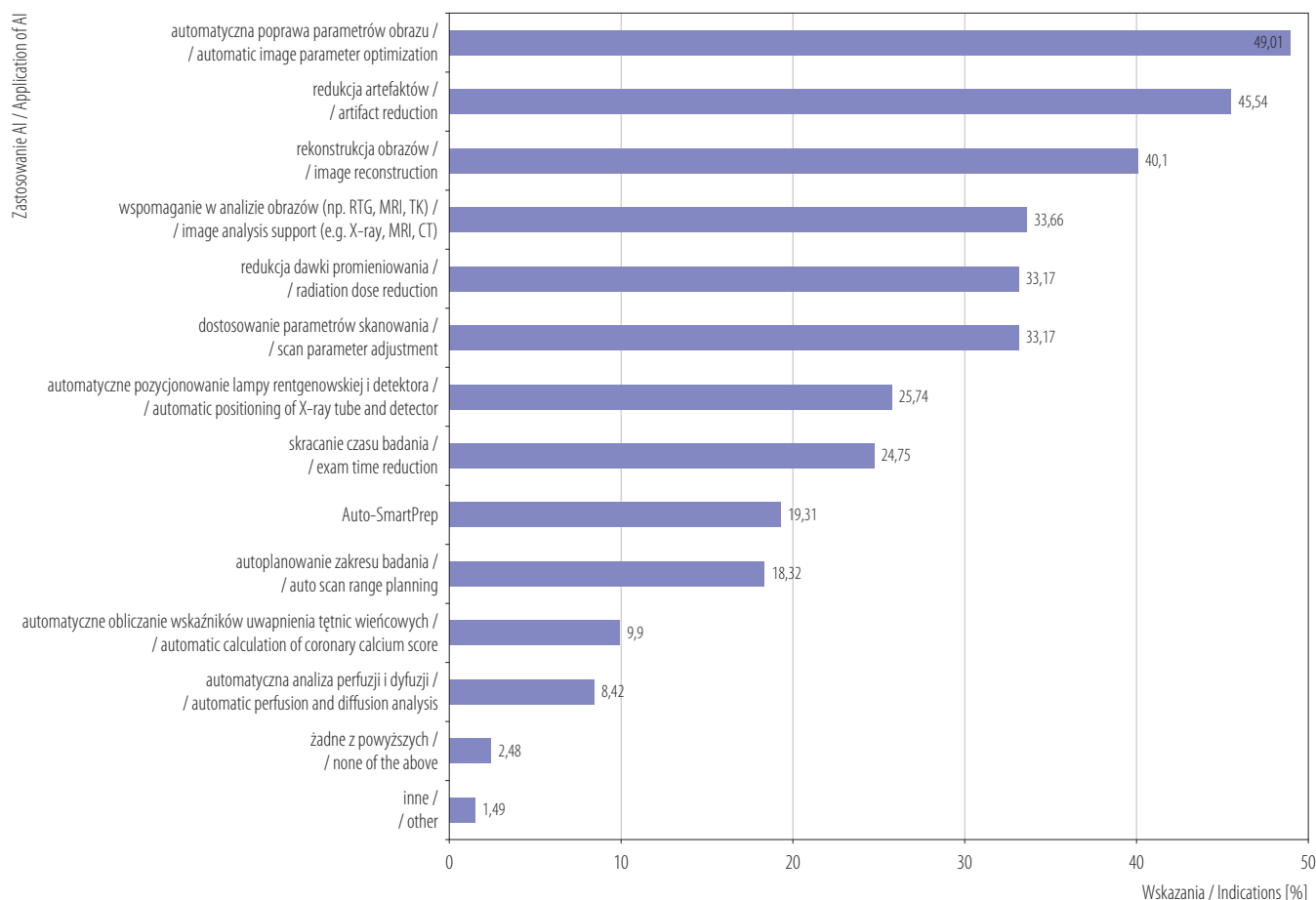
Postrzeżenie narzędzi AI przez elektroradiologów

W ramach badania zapytano uczestników, jak oceniają przyszłe oddziaływanie AI na zawód elektroradiologa. Wyniki pokazały, że większość z nich wyraziła pozy-

Tabela 1. Analiza zmiennych demograficznych i odpowiedzi elektroradiologów dotyczących znajomości podstawowych zagadnień sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) w Polsce – badanie online, II kwartał 2025 r.
Table 1. Analysis of demographic variables and responses from electroradiologists regarding their knowledge of basic artificial intelligence (AI) issues – online survey, second quarter of 2025

Zmienna Variable	Odpowiedzi Answers (N = 202) [n]												χ ²	df	p	V Cramera Cramer's V	χ ²	df	p
	ML (N = 202)			DL (N = 202)			AI (N = 202)			różnice pomiędzy AI, ML, DL differences									
	tak yes (N = 111)	nie no (N = 91)	tak yes (N = 96)	nie no (N = 106)	tak yes (N = 196)	nie no (N = 6)	tak yes	nie no	tak yes	nie no	tak yes	nie no							
Wykształcenie / Education																			
licencjat / bachelor	40	36	33	43	74	2	31	45	3,55	2	0,169	0,13	7,47	14	0,915				
magister / master	40	22	33	29	61	1	31	31	1,33	2	0,514	0,08							
technik / technician	31	33	30	34	61	3	26	38	1,08	2	0,582	0,07							
Wiek / Age																			
19–30 lat / years	70	51	59	62	118	3	55	66	5,53	2	0,063	0,17	10,21	14	0,747				
31–40 lat / years	25	13	19	19	36	2	19	19	0,2	2	0,907	0,04							
>40 lat / years	16	24	18	22	40	0	15	25	1,95	2	0,378	0,1							
Staż pracy / Experience																			
<1 rok / year	21	20	16	25	41	0	17	24	1,6	3	0,659	0,09	6,22	21	0,999				
1–5 lat / years	40	32	36	36	69	3	33	39	1,77	3	0,622	0,09							
6–10 lat / years	24	14	20	18	36	2	17	21	2,49	3	0,478	0,11							
>10 lat / years	26	25	24	27	50	1	21	30	0,36	3	0,948	0,05							

DL – głębokie uczenie / deep learning, ML – uczenie maszynowe / machine learning.
df – stopnie swobody / degrees of freedom, p – poziom istotności / significance level, V Cramera / Cramer's V – miara sily związku / measure of association, χ² – test chi-kwadrat / chi-square test.



Rycina 1. Zastosowania sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) przez elektroradiologów – badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.

Figure 1. Applications of artificial intelligence (AI) by electroradiologists – online survey conducted in Poland, second quarter of 2025

tywną opinię – >52% (N = 106) uznało, że technologie oparte na AI będą miały korzystny wpływ na ich pracę. Niespełna 9% (N = 18) przyjęło postawę neutralną, co może świadczyć o braku jednoznacznego stanowiska lub o niewystarczającej wiedzy na temat możliwości tych rozwiązań. Prawie 39% ankietowanych (N = 78) oceniło natomiast wpływ AI negatywnie. Wynik ten wskazuje na realne obawy związane z wdrożeniem tych narzędzi do środowiska pracy elektroradiologa. Najwyższą średnią uzyskało stwierdzenie „Jestem zainteresowany(-a) możliwymi kursami na temat sztucznej inteligencji w sektorze diagnostyki obrazowej” [M = 4,08, moda (*mode* – Mo) 5; 46,41% wskazań], co wskazuje na silne zainteresowanie dalszym kształceniem w tym zakresie.

Wysokie średnie uzyskały także odpowiedzi dotyczące potrzeby włączenia AI do programu nauczania (M = 3,83, Mo = 4; 48,84%) oraz przekonania, że AI może poprawić jakość opieki nad pacjentem (M = 3,70, Mo = 4; 46,77%) (tabela 3). Stwierdzenia dotyczące bezpośredniego wpływu AI na pracę zawodową, takie jak

zmniejszenie obciążenia, wzrost efektywności czy osobiste przygotowanie i pewność siebie w korzystaniu z AI (M = 3,08–3,50), również uzyskały umiarkowanie pozytywne oceny. Najczęściej wskazywaną oceną była 3 lub 4, przy dość wysokich częstościach wskazań odpowiedzi (do prawie 54%), co sugeruje, że wielu respondentów widzi praktyczny potencjał AI, ale niekoniecznie czuje się jeszcze w pełni przygotowanym do jego wykorzystania.

W kwestiach bardziej technicznych, takich jak znajomość terminologii AI (M = 2,78, Mo = 4; 35,29%) i ocena dostępności szkoleń (M = 1,63, Mo = 1; 51,90%), widoczna jest pewna luka kompetencyjna (tabela 3). Wartości najczęściej występujące w zbiorze danych dla obu tych stwierdzeń wynoszą, odpowiednio, Mo = 4 lub Mo = 1, co sugeruje rozbieżność opinii – część osób deklaruje znajomość zagadnień, ale większość odczuwa brak odpowiedniego wsparcia edukacyjnego. Jednocześnie w tych 2 wypadkach wyniki mogą odzwierciedlać poziom wiedzy respondentów nt. zagadnień narzędzi AI (tabela 2).

Tabela 2. Analiza związku pomiędzy miejscem zatrudnienia a korzystaniem z narzędzi sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) wśród elektroradiologów w Polsce – badanie online, II kwartał 2025 r.

Table 2. An analysis of the relationship between place of employment and use of AI tools among electroradiologists in Poland – online survey, second quarter of 2025

Variable Zmienna	Odpowiedzi Answers (N = 202) [n]			χ^2	df	P	V Cramera Cramer's V
	tak yes (N = 109)	nie no (N = 81)	nie wiem I don't know (N = 12)				
	Miejsce pracy / Workplace						
szpital / hospital	61	47	11				
centrum diagnostyczne / diagnostic center	26	10	0				
przychodnia, poradnia specjalistyczna / outpatient clinic, specialist clinic	22	24	1				

Skróty jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

Pogrubiono wartość istotną statystycznie ($p \leq 0,05$) / Bolded is statistically significant value at $p \leq 0.05$.

Tabela 3. Postrzeganie sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) przez elektroradiologów – analiza odpowiedzi zgodnie ze skalą Likerta (1–5), badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.

Table 3. Perception of artificial intelligence (AI) among electroradiologists – analysis of responses based on a Likert scale (1–5), online survey conducted in Poland, second quarter of 2025

Stwierdzenie Statement	M	SD	Moda Mode	Najczęstsza ocena Most frequent rating [%]
Narzędzia AI zmniejszą obciążenie pracą elektroradiologa / AI tools will reduce the workload of electroradiologists	3,26	1,37	4	42,35
Narzędzia AI mogą poprawić jakość opieki nad pacjentem poprzez szybszą diagnozę i optymalizację procedur / AI tools can improve patient care quality through faster diagnosis and optimization of procedures	3,7	1,33	4	46,77
Jestem podekscytowany(-a) rozwojem roli AI w radiologii i diagnostyce obrazowej / I am excited about the development of AI in radiology and diagnostic imaging	3,32	1,42	4	41,22
Zastosowanie narzędzi AI w diagnostyce obrazowej może prowadzić do dehumanizacji procesu leczenia / The use of AI tools in diagnostic imaging may lead to dehumanization of the treatment process	3,08	1,41	2	36,25
Jestem zaniepokojony(-a) wprowadzeniem AI w radiologii i diagnostyce obrazowej / I am concerned about the introduction of AI in radiology and diagnostic imaging	2,53	1,4	2	41,92
Wdrożenie narzędzi AI będzie zagrożeniem dla zawodu elektroradiologa / The implementation of AI tools will pose a threat to the electroradiologist profession	2,52	1,49	2	37,08
Narzędzia AI zwiększają efektywność mojej pracy / AI tools increase the efficiency of my work	3,5	1,29	4	53,29
Jestem pewny(-a) siebie w korzystaniu z narzędzi AI / I feel confident using AI tools	3,18	1,36	4	45,31
Czuję się dobrze przygotowany(-a) do stosowania i wdrażania nowych technologii i innowacji narzędzi AI w mojej codziennej praktyce / I feel well prepared to apply and implement new AI technologies and innovations in my daily practice	3,08	1,35	4	38,46
Czuję się pewnie w podstawowej terminologii AI (algorytmy, głębokie uczenie, sieci neuronowe itp.) / I feel confident in basic AI terminology (algorithms, deep learning, neural networks, etc.)	2,78	1,38	4	35,29
Obecnie istnieje wystarczająca liczba szkoleń na temat AI dostępnych dla elektroradiologów / There are currently enough AI training opportunities available for electroradiologists	1,63	0,85	1 ^a	51,90
Nauczanie technologii AI powinno być uwzględnione w programie nauczania / Teaching AI technology should be included in the educational curriculum	3,83	1,26	4	48,84
Jestem zainteresowany(-a) możliwymi kursami na temat AI w sektorze diagnostyki obrazowej / I am interested in possible AI-related courses in the field of diagnostic imaging	4,08	1,21	5 ^b	46,41

^a Najniższy wynik / the lowest score.

^b Najwyższy wynik / the highest score.

Tabela 4. Analiza danych socjodemograficznych i oceny wpływu sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) na zawód elektroradiologa – badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.**Table 4.** Analysis of sociodemographic data and assessment of the impact of artificial intelligence (AI) on the profession of electroradiologist – online survey conducted in Poland, second quarter of 2025

Zmienna Variable	Odpowiedzi Answers (N = 202) [n]			χ^2	df	p	V Cramera Cramer's V
	ocena pozytywna positive assessment (N = 106)	ocena negatywna negative assessment (N = 18)	ocena neutralna neutral assessment (N = 78)				
Płeć / Gender				5,35	2	0,069	0,16
kobieta / female	83	13	70				
mężczyzna / male	23	5	8				
Wiek / Age				35,83	4	<0,001	0,3
19–30 lat / years	61	14	49				
31–40 lat / years	20	17	1				
>40 lat / years	25	3	12				
Wykształcenie / Education				5,94	4	0,203	0,12
licencjat / bachelor	45	4	27				
magister / master	28	5	29				
technik / technician	33	9	22				
Staż pracy / Work experience				6,43	6	0,377	0,13
<1 rok / year	20	4	17				
1–5 lat / years	39	5	28				
6–10 lat / years	18	7	13				
>10 lat / years	29	2	20				

Skróty jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

Pogrubiono wartość istotną statystycznie ($p \leq 0,05$) / Bolded is statistically significant value at $p \leq 0,05$.

W obszarze negatywnych odczuć i obaw związanych z AI, takich jak dehumanizacja leczenia ($M = 3,08$, $Mo = 2$), niepokój wobec AI ($M = 2,53$, $Mo = 2$) czy zagrożenia dla zawodu ($M = 2,52$, $Mo = 2$), średnie są wyraźnie niższe, a najczęściej wybieraną odpowiedzią było stwierdzenie „raczej się nie zgadzam” (tabela 3). To pokazuje, że mimo dominacji pozytywnych ocen istnieje grupa osób wyrażających sceptycyzm lub lęk przed negatywnymi skutkami wdrażania AI. Odchylenia standardowe w zakresie $SD = 0,85$ – $1,49$ wskazują na umiarkowaną rozbieżność opinii, z nieco większą zmiennością w obszarach budzących kontrowersje (np. zagrożenie dla zawodu).

Płeć, wiek, wykształcenie, staż pracy a nastawienie do AI w percepcji elektroradiologów

W kolejnym etapie zestawiono zmienne, tj. płeć, wiek, wykształcenie i staż pracy, oraz to, jak respondenci oceniają przyszły wpływ AI na zawód elektroradiologa.

Większość kobiet oceniła wpływ AI pozytywnie lub neutralnie. Wśród mężczyzn również dominowały odpowiedzi pozytywnie, jednak ich ogólna liczba była mniejsza z uwagi na niższy udział mężczyzn w próbie. Analiza statystyczna wskazuje na brak istotnej zależności pomiędzy płcią a oceną wpływu AI na perspektywę zawodową ($p > 0,05$) (tabela 4). Pomimo braku statystycznych istotności można mówić o tendencji (V Cramera = 0,16) – mężczyźni mają bardziej entuzjastyczny stosunek do AI, podczas gdy kobiety zachowują większy dystans i neutralność, co ma odzwierciedlenie w odpowiedziach respondentów (tabela 4).

W grupie najmłodszych badanych, tj. w wieku 19–30 lat ($N = 124$), najczęściej oceniano wpływ AI pozytywnie ($N = 61$), a jednocześnie rzadko negatywnie ($N = 14$). Grupa w wieku 31–40 lat była bardziej krytyczna – aż 17 respondentów oceniło wpływ AI negatywnie, a neutralne stanowisko wyraziła tylko 1 osoba

Tabela 5. Udział elektroradiologów w szkoleniach dotyczących sztucznej inteligencji (*artificial intelligence* – AI) oraz źródła rozwoju kompetencji w tym zakresie – badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.

Table 5. Participation of electroradiologists in training related to artificial intelligence (AI) and sources of competence development in this area – online survey conducted in Poland, second quarter of 2025

Zmienna Variable	Odpowiedzi Answers (N = 202)	
	n	%
Udział w szkoleniach dotyczących AI / Participation in AI-related training		
tak / yes	55	27,23
nie / no	147	72,77
Źródło rozwoju kompetencji AI / Sources of AI competence development		
samodzielne zdobywanie wiedzy / self-directed learning	94	46,53
szkolenia organizowane przez dostawców sprzętu / vendor-organized training	65	32,18
brak rozwoju kompetencji / no competence development	55	27,23
udział w konferencjach i szkoleniach / conferences and workshops	41	20,30
kursy online / online courses	19	9,41

(tabela 4). Osoby >40 r.ż. ponownie częściej wybierały odpowiedź pozytywną (N = 25), a negatywny wpływ oceniły tylko 3 osoby.

Wynik testu (χ^2 ok. 35,83, $p < 0,001$) potwierdza, że wiek ma istotny wpływ na percepcję AI, co może wynikać z różnych doświadczeń i perspektyw związanych z technologią w kolejnych grupach wiekowych. Należy zauważyć, że osoby w średnim wieku (31–40 lat) są najbardziej sceptyczne – obawy mogą wynikać z wpływu AI np. na stabilność zatrudnienia, podczas gdy młodszy i starsi widzą w niej szansę na rozwój i wsparcie.

Niezależnie od poziomu wykształcenia we wszystkich grupach dominowały opinie pozytywne (tabela 4). Niewielki wzrost odpowiedzi neutralnych można zauważyć wśród magistrów elektroradiologii (N = 29), co może wskazywać na większą świadomość ograniczeń AI i ostrożniejsze podejście. Analiza statystyczna wskazuje na brak istotnej zależności pomiędzy poziomem wykształcenia a oceną wpływu AI na perspektywę zawodową ($p > 0,05$) (tabela 4).

Najwięcej pozytywnych opinii było w grupie z 1–5-letnim doświadczeniem (N = 39). W grupie <1 roku (N = 20) oraz >10 lat (N = 29) także dominowały oceny pozytywne, choć pojawiło się więcej opinii neutralnych (tabela 4). Nie znaleziono istotnej statystycznej zależności ($p > 0,05$) między stażem pracy a oceną wpływu narzędzi AI na zawód elektroradiologa – zarówno osoby początkujące, jak i te z wieloletnim stażem miały zbliżone poglądy. Brak istotności potwierdza jednorodność opinii w całej badanej grupie.

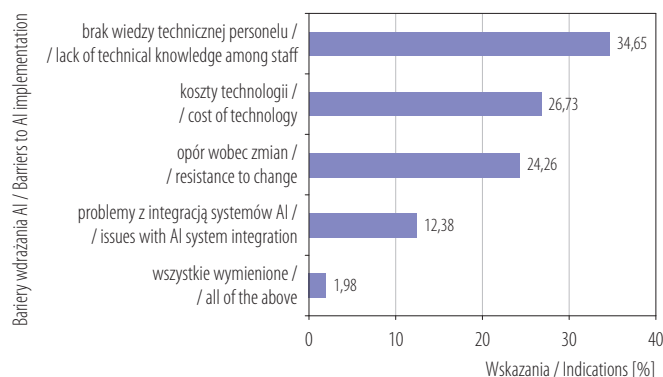
Rola edukacji i szkoleń

w przygotowaniu elektroradiologów do pracy z AI

Edukacja i szkolenia stanowią fundament, na którym opiera się skuteczne wdrażanie AI w codziennej pracy elektroradiologów. Respondenci byli pytani o udział w szkoleniach w zakresie narzędzi AI oraz o sposób pogłębiania umiejętności i wiedzy w tym obszarze. Zdecydowana większość badanych (N = 147, 72,77%) deklarowała, że nie uczestniczyła w szkoleniach dotyczących AI, natomiast jedynie 27,23% osób (N = 55) brało w nich udział.

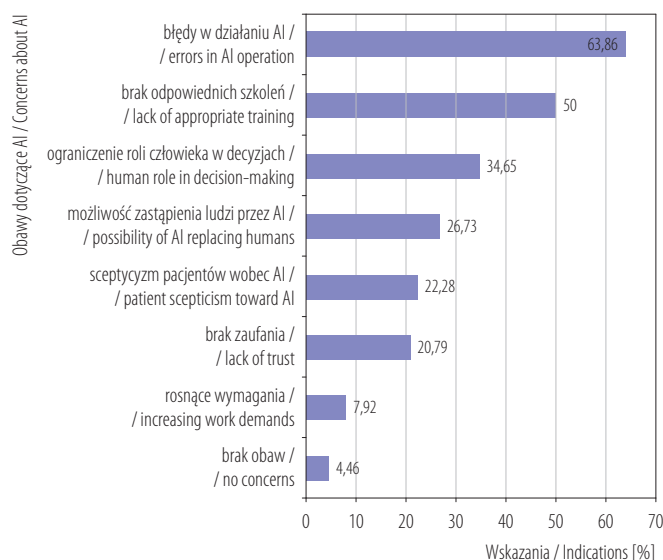
W kolejnym etapie badania skupiono się na sposobach rozwijania przez elektroradiologów umiejętności korzystania z narzędzi AI w pracy (tabela 5). Nieco >46% osób (N = 94) zadeklarowało, że zdobywało tę wiedzę samodzielnie. Istotną rolę odgrywają również szkolenia organizowane przez dostawców sprzętu, z których skorzystało ok. 32% respondentów (N = 65). Jednocześnie prawie 28% (N = 55) ankietowanych przyznało, że nie rozwijało swoich kompetencji związanych z narzędziami AI, co potwierdzają wcześniejsze dane (tabela 5).

W pytaniu dotyczącym aspektów szkoleń z zakresu narzędzi AI, które byłyby kierowane do elektroradiologów, wskazywano najczęściej praktyczne zastosowanie tych rozwiązań w codziennej pracy (N = 130, 64,36%). Ankietowani zwracali uwagę także na obsługę oprogramowania wspieranego przez AI (N = 40, 19,80%); mniejsze znaczenie miały kwestie związane z etyką i regulacjami prawnymi (N = 16, 7,92%) oraz podstawami działania algorytmów AI (N = 12, 5,94%).



Rycina 2. Główne bariery w zastosowaniu sztucznej inteligencji (artificial intelligence – AI) w radiologii i diagnostyce obrazowej – badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.

Figure 2. Main barriers to artificial intelligence (AI) implementation in radiology and imaging diagnostics – online survey conducted in Poland, second quarter of 2025



Rycina 3. Obawy elektroradiologów związane z wdrażaniem sztucznej inteligencji (artificial intelligence – AI) w pracy – badanie online przeprowadzone w Polsce, II kwartał 2025 r.

Figure 3. Electroradiologists concerns about implementing artificial intelligence (AI) in their work – online survey conducted in Poland, second quarter of 2025

Bariery we wdrażaniu AI w radiologii z perspektywy elektroradiologów

Najczęściej wskazywanymi barierami dotyczącymi wdrażania narzędzi AI w radiologii według elektroradiologów są (rycina 2):

- brak wiedzy technicznej – odpowiedź tę zaznaczyło niespełna 35% osób (N = 70), co sugeruje, że wielu pracowników czuje się nieprzygotowanych do pracy z zaawansowanymi systemami AI i nie ma wystarczającej wiedzy, by efektywnie z nich korzystać;
- koszty technologii – wskazane przez prawie 27% respondentów (N = 54); wysoka cena zakupu, wdro-

żenia i utrzymania systemów opartych na AI może być poważną barierą, szczególnie dla placówek publicznych lub mniejszych ośrodków diagnostycznych, które dysponują ograniczonymi budżetami;

- opór wobec zmian – wskazany przez >24% osób (N = 49); pokazuje, że część osób może mieć trudności z akceptacją nowych technologii, co często wynika z przyzwyczajenia, braku zaufania do AI lub z obawy przed utratą kontroli nad procesami decyzyjnymi.

Największe obawy elektroradiologów związane z wdrażaniem narzędzi AI w pracy dotyczą przede wszystkim (rycina 3):

- błędów w działaniu AI – to najczęściej wskazywana obawa zgłaszana przez 63,86% (N = 129),
- braku odpowiednich szkoleń – 50% respondentów (N = 101),
- ograniczenia roli człowieka w procesach decyzyjnych – wskazywane przez prawie 35% respondentów (N = 70).

Wpływ zastosowania narzędzi AI na pracę elektroradiologów

Najwięcej respondentów oceniło przydatność AI w optymalizacji pracy jako średnią (N = 107, 52,97%), 85 osób (42,08%) uznało ją za wysoką, natomiast tylko 10 osób (4,95%) określiło ją jako niską. Dane te świadczą o ogólnie pozytywnym nastawieniu do praktycznych zastosowań AI w codziennej pracy elektroradiologów.

Respondenci w większości zauważali, że zastosowanie AI wpływa na skrócenie czasu trwania procedur diagnostycznych; 51 osób (25,25%) wskazało na „znaczne skrócenie”, a 67 (33,17%) na odpowiedź „trochę skraca”. Jedynie 6 osób (3,97%) odnotowało wydłużenie procedur, a 45 osób (22,28%) uznało, że AI nie ma wpływu na ten aspekt pracy. Wyniki sugerują, że narzędzia AI przyczyniają się do poprawy efektywności diagnostyki obrazowej.

Zdecydowana większość ankietowanych (N = 129, 63,86%) uznała, że zastosowanie narzędzi AI może przyczynić się do ograniczenia błędów ludzkich w diagnostyce obrazowej. Przeciwnego zdania było 52 respondentów (25,74%), a 21 osób (10,40%) nie miało jednoznacznej opinii w tej kwestii. Wynik ten sugeruje stosunkowo wysokie zaufanie środowiska elektroradiologów do potencjału AI jako narzędzia wspierającego decyzje kliniczne i poprawiającego jakość diagnostyki.

Na pytanie dotyczące wpływu zastosowania narzędzi AI na czas kontaktu z pacjentem 60 respondentów (29,70%) uznało, że technologie te zmniejszają bezpośrednie interakcje z nim. Większość badanych (N = 92, 45,54%) nie

zauważyła takiego wpływu, natomiast 50 osób (24,75%) nie miało zdania na ten temat. Uzyskane odpowiedzi mogą świadczyć o tym, że AI, automatyzując pewne procesy, niekoniecznie ogranicza interakcje człowiek–pacjent, przynajmniej w percepcji respondentów.

OMÓWIENIE

Sztuczna inteligencja pozostaje niezmiennie jednym z najdynamiczniej rozwijających się narzędzi i coraz bardziej wkracza w środowisko medyczne, a w szczególności w diagnostykę obrazową. Zastosowanie AI w pracy elektroradiologów wiąże się z wieloma korzyściami, ale także z licznymi wyzwaniem, które należy podjąć, aby zapewnić pełne wykorzystanie potencjału tej technologii w praktyce klinicznej. Rosnące zainteresowanie AI w obrazowaniu medycznym skłoniło wielu badaczy do analizy poziomu wiedzy, postaw oraz gotowości pracowników ochrony zdrowia do integracji tych technologii z praktyką kliniczną.

W praktyce elektroradiologów AI znajduje zastosowanie w obszarach, takich jak automatyczna poprawa parametrów obrazu, redukcja artefaktów i rekonstrukcja obrazów, co potwierdzają wyniki niniejszego badania, w którym respondenci wskazywali właśnie te funkcje jako najczęściej wykorzystywane w codziennej pracy. Rozwiązania te pozwalają na zwiększenie jakości diagnostycznej obrazów przy jednoczesnym skróceniu czasu akwizycji oraz zmniejszeniu dawki promieniowania. W wielu publikacjach [9–13] podkreśla się również inne zastosowania, takie jak wspomaganie w analizie obrazów, redukcja dawki promieniowania, autoplanowanie zakresu badania i wiele innych, które również są wykorzystywane wśród elektroradiologów biorących udział w niniejszym badaniu, lecz zdecydowanie rzadziej.

Doniesienia z różnych krajów pokazują zbieżne tendencje w postrzeganiu narzędzi AI przez elektroradiologów. Przeprowadzone badanie ujawniło, że panuje wśród nich raczej pozytywne nastawienie. Większość respondentów dostrzegła korzyści wynikające z zastosowania AI, zwłaszcza w kontekście optymalizacji pracy, skrócenia czasu procedur diagnostycznych oraz ograniczenia błędów ludzkich, co znajduje potwierdzenie także w innych podobnych opracowaniach [9,11–13]. Analiza wyników badania potwierdziła, że wiek ma istotne znaczenie w kształtowaniu percepcji AI. W grupie młodszych respondentów częściej odnotowywano pozytywne nastawienie do AI i większą otwartość na jej wdrażanie, podczas gdy osoby starsze wykazywały większy sceptycyzm lub ostrożność. Zbliżone wnioski przedstawili

Rainey i wsp. [9], wskazując, że młodszy respondenci wykazywali większą otwartość na wprowadzanie nowych technologii, częściej oceniali swoje kompetencje w obszarze AI jako wyższe oraz charakteryzowali się większą pewnością w ich praktycznym zastosowaniu.

Wykazano także statystyczną zależność miejsca pracy elektroradiologów na zakres implementacji narzędzi opartych na AI ($p = 0,03$), jednak efekt tej zależności okazał się słaby. Respondenci pracujący w szpitalach oraz w centrach diagnostycznych częściej deklarowali korzystanie z rozwiązań AI. Może to wynikać zarówno z większej dostępności nowoczesnego sprzętu w ośrodkach o wyższym poziomie finansowania, jak i z większej presji na implementację innowacyjnych rozwiązań w placówkach prywatnych. Jednocześnie wskazuje to, że wdrożenie AI w radiologii może być nierównomierne w zależności od charakteru i zasobów instytucji, co może prowadzić do różnic w jakości świadczonych usług diagnostycznych oraz w poziomie doświadczenia personelu w pracy z nowymi technologiami.

Barierami w implementacji AI wskazanymi przez elektroradiologów w niniejszym badaniu były głównie:

- brak wiedzy technicznej (34,65%),
- wysokie koszty technologii (26,73%),
- opór wobec zmian (24,26%).

Obawy respondentów koncentrowały się na ryzyku występowania błędów w działaniu systemów AI oraz na potencjalnym ograniczeniu roli człowieka w procesach decyzyjnych, które są zrozumiałe, zwłaszcza że AI w diagnostyce obrazowej wciąż jest w fazie rozwoju i wymaga dalszych testów i udoskonalień. W podobnych analizach entuzjazm dotyczący nowych technologii również był równoważony przez liczne obawy, głównie związane z bezpieczeństwem zatrudnienia, możliwą utratą umiejętności technicznych i krytycznego myślenia, a także ryzykiem błędów wynikających z nadmiernego polegania na algorytmach. W części badań respondenci obawiali się redukcji etatów, choć inni przewidywali raczej powstanie nowych, wyspecjalizowanych ról zawodowych lub włączenie zadań związanych z AI do istniejących obowiązków [12,14].

Zwrócono też uwagę na koszty związane z zakupem i utrzymaniem nowoczesnej infrastruktury oraz na konieczność przeszkolenia personelu [10]. Wysokie nakłady finansowe stanowią szczególnie poważne wyzwanie dla mniejszych ośrodków, które często dysponują ograniczonym budżetem. Ponadto badanie przeprowadzone przez Botwe i wsp. [12] wykazało, że znaczącą barierą w implementacji AI w obrazowaniu medycznym jest również brak solidnych środków bezpieczeństwa

cybernetycznego. Wskazuje to na potrzebę nie tylko inwestycji w infrastrukturę techniczną, ale także w edukację i szkolenia personelu, które będą fundamentalne dla skutecznego i bezpiecznego wdrożenia AI w diagnostyce obrazowej.

Wyniki niniejszego badania pokazały, że zdecydowana większość respondentów (97,03%) deklaruowała znajomość ogólnego pojęcia AI, ale tylko nieco ponad połowa rozumiała bardziej szczegółowe terminy, takie jak „uczenie maszynowe” i „głębokie uczenie”. Taki rezultat wskazał na istotną lukę w zrozumieniu zaawansowanych funkcji AI, które są niezbędne dla jej skutecznego zastosowania w diagnostyce obrazowej. Analogiczne zjawisko zostało zaobserwowane w badaniu, w którym Coakley i wsp. [13] w pytaniach dotyczących bardziej technicznych aspektów AI, takich jak uczenie maszynowe czy algorytmy, zaobserwowali spadek wiedzy o 20%.

Tego rodzaju rozbieżności w poziomie kompetencji technicznej wykazali również Abuzaid i wsp. [10], którzy odnotowali istotne braki w wiedzy i przygotowaniu badanych do pracy z AI – prawie 40% z nich nie wiedziało nic na temat AI, a 30% znało tylko jej podstawy. Podobne luki w wiedzy badanych stwierdzili Rainey i wsp. [9] oraz Akudjedu i wsp. [11]. Zjawisko to może wynikać z szybkiego tempa rozwoju AI, które nie zawsze jest zsynchronizowane z odpowiednim szkoleniem pracowników medycznych. Ostatecznie może to prowadzić do sytuacji, w której personel medyczny nie wykorzysta w pełni potencjału tej technologii.

Przeprowadzona ankieta pokazała, że elektroradiolodzy rozwijają swoje umiejętności związane z AI głównie samodzielnie (97 osób), poprzez szkolenia dostawców sprzętu (65 osób), a także konferencje (41 osób). Zaledwie 27,23% respondentów uczestniczyło w formalnych kursach dotyczących AI, co pokazuje istotną lukę w dostępie do regularnych szkoleń prowadzonych przez specjalistów. Jak wskazuje Walsh [15], większość istniejących kursów i programów edukacyjnych adresowana jest przede wszystkim do radiologów, podczas gdy elektroradiolodzy pozostają w znacznym stopniu pomijani.

Problem ten również pojawił się w badaniach Botwego i wsp. [12], gdzie wskazano potrzebę ustandaryzowanych szkoleń, które pozwolą medykom na efektywne korzystanie z nowych technologii. W analizie Akudjedu i wsp. [11] prawie połowa ankietowanych zauważyła brak odpowiednich szkoleń, a blisko 70% respondentów wyraziło chęć, aby edukacja w zakresie AI została zawarta w kształceniu zawodowym. Zbieżne wnioski przyniosło badanie Coakleya i wsp. [13], w którym aż 88% uczestników opowiedziało się za wprowadzeniem podstaw AI

do nauczania przyszłych elektroradiologów. Również Pedersen i wsp. [16] wskazali, że znaczna liczba uczestników nie miała żadnego szkolenia z AI, podczas gdy tylko ok. 26% odbyła pewne przeszkolenie w miejscu pracy. Wobec ograniczonej dostępności szkoleń elektroradiolodzy zmuszeni są do poszukiwania informacji samodzielnie – głównie w artykułach naukowych oraz w innych kanałach informacyjnych dostępnych online (np. YouTube) lub od znajomych pracujących z AI [16]. Korzystanie z tych źródeł edukacyjnych może prowadzić do rozprzestrzeniania błędnych informacji, ponieważ często nie są one weryfikowane.

W świetle przytoczonych wyników niezbędne staje się zapewnienie dostępu do odpowiednich i wiarygodnych materiałów szkoleniowych w zakresie AI. Braki edukacyjne są widoczne zarówno na etapie kształcenia akademickiego, jak i w szkoleniach podyplomowych, co wskazuje na potrzebę systemowego podejścia do włączania AI do programów nauczania. Potwierdza to badanie Raineya i wsp. [9], w którym dowiedziono, że wyższe kwalifikacje wiążą się z lepszym zrozumieniem i efektywniejszym wykorzystaniem AI.

Treści programów edukacyjnych dla elektroradiologów powinny obejmować nie tylko podstawy uczenia maszynowego, głębokiego uczenia czy zasady działania algorytmów, ale również aspekty praktyczne związane z integracją AI z codzienną praktyką kliniczną. Szczególne znaczenie mają także zagadnienia etyczne, regulacyjne i prawne, a także umiejętność krytycznej analizy literatury naukowej oraz oceny wiarygodności dostępnych rozwiązań. Włączenie takich treści pozwoli nie tylko na podniesienie poziomu wiedzy, ale także na rozwijanie kompetencji niezbędnych do świadomego i odpowiedzialnego uczestnictwa w procesie transformacji cyfrowej medycyny.

Wspólne stanowisko International Society of Radiographers and Radiological Technologists i European Federation of Radiographer Societies podkreśla, że elektroradiolodzy powinni aktywnie uczestniczyć w projektowaniu i wdrażaniu narzędzi AI [17]. Warunkiem realizacji tego celu jest jednak zapewnienie im odpowiednich kompetencji poprzez dostęp do wysokiej jakości szkoleń. Wdrożenie dobrze zaplanowanych programów dydaktycznych oraz zajęć praktycznych w środowisku szpitalnym umożliwi elektroradiologom nie tylko głębsze zrozumienie zasad funkcjonowania AI, lecz także efektywne wykorzystanie jej możliwości w diagnostyce obrazowej.

Jednym z wielu problemów we wdrażaniu AI w medycynie są kwestie prawne. Na poziomie Unii Europejskiej (UE) regulacje w tym obszarze określa Rozporządzenie

dzenie UE 2024/1689 (AI Act) [18], które weszło w życie 1 sierpnia 2024 r. Wprowadza ono system klasyfikacji rozwiązań AI według poziomu ryzyka – od minimalnego po zakazane. Systemy stosowane w ochronie zdrowia, w tym w diagnostyce obrazowej, uznawane są za te wysokiego ryzyka (*high-risk*) i muszą spełniać rygorystyczne wymagania dotyczące bezpieczeństwa, skuteczności i zgodności z prawem [18].

W Polsce trwają prace nad ustawą wdrażającą AI Act. Od 2 lutego 2025 r. obowiązują już przepisy zakazujące stosowania tzw. zakazanych systemów AI i wprowadzające obowiązek zapewnienia kompetencji w zakresie AI (AI literacy) osobom mającym kontakt z tymi technologiami. Pełna implementacja przepisów dotyczących systemów wysokiego ryzyka planowana jest na lata 2026–2027. Do tego czasu placówki medyczne i użytkownicy AI funkcjonują w stanie regulacyjnej niepewności, co utrudnia praktyczne wdrażanie tych rozwiązań [19,20].

Podsumowując, istnieje zgodność między badaniami, że największym wyzwaniem dla wdrażania AI w diagnostyce obrazowej nie jest brak akceptacji, lecz przede wszystkim niedostateczna wiedza i edukacja formalna. Brak odpowiedniego przygotowania może prowadzić do luki kompetencyjnej między szybkim rozwojem technologii a umiejętnościami pracowników ochrony zdrowia. Badanie pokazuje, że elektroradiolodzy nie mają jeszcze wystarczającej wiedzy, umiejętności ani pewności siebie, aby w pełni wdrożyć AI do praktyki klinicznej. Choć część z nich podejmuje samodzielne działania edukacyjne, podkreśla się konieczność wprowadzenia zorganizowanego systemu kształcenia i wsparcia mentorskiego. Jako profesjonalisci mający bezpośredni kontakt z pacjentem elektroradiolodzy powinni umieć bezpiecznie i efektywnie korzystać z narzędzi opartych na AI w codziennej praktyce, oceniać jakość dostępnych dowodów naukowych oraz angażować się w proces projektowania nowych technologii. Dzięki temu zawód ten może w pełni czerpać z potencjału AI w kontekście pacjenta i środowiska klinicznego.

Ograniczenia badania

Badanie miało charakter eksploracyjny (pilotażowy) i zostało zaprojektowane w celu wstępnego rozpoznania obszarów związanych z postrzeganiem oraz wykorzystaniem AI w środowisku elektroradiologów. Uzyskane wyniki stanowią punkt wyjścia do doprecyzowania dalszych kierunków działań i analiz. Badanie ankietowe przeprowadzono na stronach branżowych zrzeszających elektroradiologów (m.in. poprzez strony Ogólnopolski

Związek Zawodowy Elektroradiologów, Polskie Towarzystwo Techników Medycznych Elektroradiologii), co mogło sprzyjać udziałowi osób aktywniejszych w środowisku online lub bardziej zaangażowane zawodowo. Ankiety zapewne wypełniały również osoby, które były bardziej zainteresowane tematyką AI, co mogło skutkować zawyżeniem deklarowanego poziomu wiedzy, częstości kontaktu z AI oraz bardziej pozytywnym nastawieniem do technologii w porównaniu z populacją wszystkich elektroradiologów.

WNIOSKI

- Większość elektroradiologów deklaruje znajomość ogólnego pojęcia „sztucznej inteligencji”, jednak tylko część z nich rozumie bardziej szczegółowe terminy, takie jak „uczenie maszynowe” i „głębokie uczenie”. Wskazuje to na potrzebę doskonalenia i kształcenia w tym obszarze.
- Istnieje pozytywne nastawienie wobec wykorzystania narzędzi AI, jednak brak odpowiednich szkoleń ogranicza gotowość do ich wdrożenia.
- Wiek i miejsce pracy mają istotny wpływ na percepcję i stosowanie narzędzi AI w praktyce. Młodszy i starsi pracownicy częściej przyjmują postawę pozytywną, natomiast grupa 31–40 lat wyróżnia się największym sceptycyzmem do tych rozwiązań.
- Poziom wykształcenia, płeć ani staż pracy nie wykazywały istotnego związku z oceną wpływu narzędzi AI na pracę elektroradiologów.
- Główne bariery wdrażania AI wskazywane przez respondentów mają charakter kompetencyjny, organizacyjny i psychologiczny, a nie technologiczny.
- Dalszy rozwój wymaga wprowadzenia spójnych programów szkoleniowych dla elektroradiologów oraz działań edukacyjnych podnoszących świadomość i zaufanie do AI w diagnostyce obrazowej.

PODZIĘKOWANIA

Serdeczne podziękowania dla wszystkich elektroradiologów za udział w badaniu.

WKŁAD AUTORÓW

Koncepcja badań: Bartłomiej Nowak

Metodyka badań: Kornelia Koszczyk

Zbieranie materiału: Bartłomiej Nowak, Kornelia Koszczyk

Analiza statystyczna: Bartłomiej Nowak, Kornelia Koszczyk

Interpretacja wyników: Bartłomiej Nowak,

Kornelia Koszczyk, Elżbieta Łuczyńska

Piśmiennictwo: Kornelia Koszczyk, Elżbieta Łuczyńska

PIŚMIENNICTWO

1. Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, et al. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). *Eur Radiol.* 2022;32(11):7998–8007. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08784-6>.
2. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500–10. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>.
3. Denisiewicz N, Bielowska M, Mitreęa A, Magiera M, Czogalik Ł, Bąk P. Najlepsze zastosowania sztucznej inteligencji w radiologii. In: Kueel J, Lewandowski P, editors. *Innowacje w medycynie: przegląd wybranych technologii XXI w.* Tom XII. Łódź: ArchaeGraph Wydawnictwo Naukowe; 2023. p. 240–53.
4. Chen X, Wang X, Zhang K, Fung KM, Thai TC, Moore K, et al. Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal.* 2022;79:102444. <https://doi.org/10.1016/j.media.2022.102444>.
5. Barragan-Montero A, Javaid U, Valdes G, Nguyen D, Desbordes P, Macq B, et al. Artificial intelligence and machine learning for medical imaging: a technology review. *Phys Med.* 2021;83:242–56. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.04.016>.
6. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, Setio AAA, Ciompi F, Ghafoorian M, et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal.* 2017;42:60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>.
7. Polska Federacja Szpitali, Koalicja AI w zdrowiu, Grupa Robocza ds. AI. *Biała księga AI w praktyce klinicznej* [Internet]. Warszawa: wZdrowiu; 2022 [cited 2025 Sep 1]. Available from: <https://www.gov.pl/web/ai/sztuczna-inteligencja-w-medycynie>.
8. Hardy M, Harvey H. Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. *Br J Radiol.* 2020;93(1108):20190840. <https://doi.org/10.1259/bjr.20190840>.
9. Rainey C, O'Regan T, Matthew J, Skelton E, Woznitza N, Chu KY, et al. Beauty is in the AI of the beholder: Are we ready for the clinical integration of artificial intelligence in radiography? An exploratory analysis of perceived AI knowledge, skills, confidence, and education perspectives of UK radiographers. *Front Digit Health.* 2021;11(3):739327. <https://doi.org/10.3389/fgth.2021.739327>.
10. Abuzaid MM, Elshami W, Tekin H, Issa B. Assessment of the willingness of radiologists and radiographers to accept the integration of artificial intelligence into radiology practice. *Acad Radiol.* 2022;29(1):87–94. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.09.014>.
11. Akudjedu TN, Torre S, Khine R, Katsifarakis D, Newman D, Malamateniou C. Knowledge, perceptions, and expectations of artificial intelligence in radiography practice: a global radiography workforce survey. *J Med Imaging Radiat Sci.* 2023;54(1):104–16. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2022.11.016>.
12. Botwe BO, Antwi WK, Arkoh S, Akudjedu TN. Radiographers' perspectives on the emerging integration of artificial intelligence into diagnostic imaging: the Ghana study. *J Med Radiat Sci.* 2021;68(3):260–8. <https://doi.org/10.1002/jmrs.460>.
13. Coakley S, Young R, Moore N, England A, O'Mahony A, O'Connor OJ, et al. Radiographers' knowledge, attitudes, and expectations of artificial intelligence in medical imaging. *Radiography (Lond).* 2022;28(4):943–8. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2022.06.020>.
14. Ryan ML, O'Donovan T, McNulty JP. Artificial intelligence: the opinions of radiographers and radiation therapists in Ireland. *Radiography (Lond).* 2021;27 Suppl 1: S74–82. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.07.022>.
15. Walsh G, Stogiannos N, van de Venter R, Rainey C, Tam W, McFadden S, et al. Responsible AI practice and AI education are central to AI implementation: a rapid review for all medical imaging professionals in Europe. *BJR Open.* 2023;5(1):20230033. <https://doi.org/10.1259/bjro.20230033>.
16. Pedersen MRV, Kusk MW, Lysdahlgaard S, Mork-Knudsen H, Malamateniou C, Jensen J. Nordic radiographers' and students' perspectives on artificial intelligence – a cross-sectional online survey. *Radiography (Lond).* 2024;30(3):776–83. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2024.02.020>.
17. International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. Artificial intelligence and the radiographer/radiological technologist profession: a joint statement of the International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. *Radiography.* 2020;26:93–5. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.03.007>.
18. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1689 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych przepisów dotyczących sztucznej inteligencji oraz zmiany rozporządzeń. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L z 12 lipca 2024 r.*
19. Ministerstwo Cyfryzacji [Internet]. Warszawa: Ministerstwo Cyfryzacji; 2025 [cited 2025 Nov 31]. Pierwsze przepisy Rozporządzenia o Sztucznej Inteligencji (AI Act) zaczynają obowiązywać. Available from: <https://www.gov.pl/web/cyfr>

zacja/pierwsze-przepisy-rozporządzenia-o-sztucznej-inteligencji-ai-act-zaczynaja-obowiazowac.

20. Knapik A [Internet]. Warszawa: Wolters Kluwer; 2025 [cited 2025 Nov 31]. Czy na ławie oskarżonych zasiądzie kiedyś

sztuczna inteligencja? Available from: <https://www.prawo.pl/prawo/odpowiedzialnosc-za-sztuczna-inteligencje-w-prawie-karnym,534017.html>