



Tomasz Kupidura

ORCID: 0000-0002-2543-7562

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

e-mail: tomasz.kupidura@itee.lukasiewicz.gov.pl

Tomasz Sułkowski

ORCID: 0000-0002-7688-8283

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

e-mail: tomasz.sulkowski@itee.lukasiewicz.gov.pl

Sztuczna inteligencja w edukacji dorosłych jako wsparcie procesu kształcenia i rozwoju kompetencji

Słowa kluczowe: edukacja dorosłych, sztuczna inteligencja (AI), edukacja cyfrowa, transformacja cyfrowa, kompetencje cyfrowe, sztuczna inteligencja (AI) w edukacji

Streszczenie. Artykuł koncentruje się wokół wyzwań, jakie stoją przed współczesną edukacją dorosłych w związku z coraz bardziej powszechnym wykorzystaniem sztucznej inteligencji (AI) w wielu obszarach życia. Jak pokazują cytowane w artykule badania, organizacje osiągają bardzo duże korzyści wynikające z wdrożenia sztucznej inteligencji, ale dzieje się tak tylko wówczas, gdy równolegle inwestują w rozwój kompetencji swoich pracowników. Jaka powinna być wobec tego współczesna edukacja dorosłych, aby mogła sprostać tym wyzwaniom? Wiele prac naukowych, raportów i opracowań wskazuje na potencjał tkwiący właśnie w sztucznej inteligencji, która z powodzeniem może być wykorzystana m.in. w projektowaniu zindywidualizowanych ścieżek rozwoju zawodowego, skalowalności procesów dydaktycznych czy monitorowaniu postępów osób uczących się. Niestety wykorzystanie AI w edukacji niesie ze sobą również pewne zagrożenia i generuje pytania m.in.: o rolę nauczycieli w zdigitalizowanej edukacji dorosłych, bezpieczeństwo danych przechowywanych w systemach informatycznych czy poziom kompetencji cyfrowych

zarówno edukatorów, jak i uczących się, które są gwarantem efektywnego wykorzystania potencjału AI w procesie rozwoju i doskonalenia kompetencji osób dorosłych. W artykule podjęto próbę odpowiedzi na powyższe pytania na podstawie studiów literaturowych oraz badań własnych.

Artificial intelligence in adult education as support for the learning process and competence development

Keywords: adult education, artificial intelligence (AI), digital education, digital transformation, digital competences, artificial intelligence (AI) in education

Abstract. The article focuses on the challenges facing contemporary adult education, in connection with the increasingly widespread use of artificial intelligence (AI) across many areas of life. As the research cited in the article shows, organisations achieve very large benefits resulting from the implementation of artificial intelligence, but this occurs only when they simultaneously invest in the development of their employees' competences. What should contemporary adult education be like in order to meet these challenges? Many scientific papers, reports, and studies indicate the potential of AI, which can be successfully used, among other things, in designing individualised professional development paths, scalability of teaching processes, or monitoring the progress of learners. Unfortunately, the use of AI in education also carries certain risks and generates questions, including the role of teachers in digitised adult education, the security of data stored in IT systems or the level of digital competences of both educators and learners, which are a guarantee of effective use of the potential of AI in the process of development and improvement of adult competences. In this article, based on literature studies and original research, an attempt was made to answer the above questions.

Wprowadzenie

Współczesne społeczeństwa funkcjonują w warunkach głębokich przemian demograficznych, technologicznych i ekonomicznych, które w istotny sposób redefiniują znaczenie edukacji i kompetencji. W tym dynamicznym kontekście szczególnego znaczenia nabiera koncepcja uczenia się przez całe życie (ang. *lifelong learning*, LLL), promowana m.in. przez UNESCO (UNESCO Institute for Lifelong Learning, 2020) jako stały proces rozwijania wiedzy, umiejętności i postaw zarówno w ramach edukacji formalnej, jak i pozaformalnej oraz nieformalnej. Obecnie *lifelong learning* postrzegane jest jako nieodzowna strategia adaptacyjna, szczególnie w obliczu trzech megatrendów: starzenia się populacji, intensywnej cyfryzacji i transformacji rynku pracy.

Prognozy Eurostatu (2024) przewidują wzrost mediany wieku mieszkańców Europy z 44 lat w 2023 r. do 49 lat w 2050 r., co rodzi potrzebę systematycznego

aktualizowania kwalifikacji zawodowych, zwłaszcza wśród osób 50+. Jednocześnie rośnie znaczenie kompetencji międzykulturowych i społecznych, niezbędnych w warunkach globalnej mobilności oraz kulturowej różnorodności (OECD, 2021).

Uzupełnieniem strategii globalnych i europejskich jest *Zintegrowana Strategia Umiejętności 2030...* (Ministerstwo Edukacji Narodowej [MEN], 2020), która odgrywa istotną rolę w krajowej polityce edukacyjnej. Dokument ten podkreśla wagę promowania uczenia się przez całe życie jako podstawy zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego. Szczególny akcent położono w nim na edukację dorosłych, walidację kompetencji zdobywanych w kontekstach pozaformalnych i nieformalnych, a także potrzebę integracji wszystkich sektorów edukacji. Narzędziem wspierającym realizację tych celów jest Zintegrowany System Kwalifikacji (ZSK), umożliwiający formalne potwierdzanie umiejętności i wiedzy zdobytych poza systemem edukacji formalnej. To rozwiązanie odpowiada na potrzeby elastycznego rynku pracy i podkreśla rosnącą rolę uczenia się opartego na doświadczeniu (MEN, 2020). Szczególnego znaczenia nabiera to w kontekście gwałtownego rozwoju technologii, zwłaszcza sztucznej inteligencji (*artificial intelligence*, AI), automatyzacji i uczenia maszynowego, które w sposób radykalny przekształcają strukturę zatrudnienia. Według World Economic Forum (2025b), pracownicy (39%) mogą spodziewać się, że obecny zestaw umiejętności ulegnie transformacji lub stanie się nieaktualny w okresie 2025–2030, co czyni przekwalifikowanie i rozwój kompetencji miękkich jednym z kluczowych wyzwań współczesnej edukacji.

W niniejszym artykule podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania:

- W jaki sposób zmienia się edukacja dorosłych w obliczu transformacji cyfrowej i jaka powinna być jej rola we współczesnym świecie?
- Jak sztuczna inteligencja może wspierać proces uczenia się osób dorosłych?
- Jakie są obecne trendy w rozwoju AI i jakie mogą być ich konsekwencje dla przyszłości edukacji osób dorosłych?
- Z jakimi barierami i ograniczeniami wiąże się implementacja AI w edukacji dorosłych?

Zrozumienie roli AI w edukacji wymaga także przyjrzenia się jej definicji oraz zakresowi zastosowań. Od czasu klasycznej definicji Johna McCarthy'ego (cyt. za: Russell i Norvig (eds.), 2010, s. 2–3), sztuczna inteligencja przeszła ewolucję: od prostych, inteligentnych programów komputerowych do złożonych systemów, zdolnych do samouczenia się i adaptacji do zmiennych warunków środowiskowych. Obecnie, zgodnie z ujęciem Stuarta Russella i Petera Norviga

(2010), AI traktowana jest jako dziedzina badająca agentów podejmujących działania w odpowiedzi na bodźce z otoczenia. Z kolei Ryszard Tadeusiewicz (2020) podkreśla jej operacyjny charakter – jako narzędzia służącego rozwiązywaniu złożonych, często niealgorytmizowalnych, problemów.

Pandemia COVID-19 znacząco przyspieszyła proces cyfryzacji edukacji, ujawniając zarówno potencjał nowych technologii, jak i istniejące braki w zakresie kompetencji cyfrowych oraz dostępności (Przegalińska, 2022, s. 13). W odpowiedzi na te wyzwania opracowano liczne strategie rozwoju AI z komponentem edukacyjnym. Ich przykładem może być dokument zatytułowany *Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020. Załącznik do uchwały nr 196 Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2020 r.* (Rada Ministrów, 2020), który podkreśla potrzebę integracji technologii AI w systemie edukacyjnym.

Współcześnie, równoległe z transformacją paradygmatów edukacyjnych, sztuczna inteligencja zyskuje na znaczeniu jako narzędzie wspierające procesy dydaktyczne. Jej zastosowania obejmują m.in. personalizację ścieżek uczenia się, adaptacyjne systemy oceny postępów oraz inteligentne środowiska nauczania (Komisja Europejska, 2022). Technologie wspomagające oraz interfejsy głosowe otwierają nowe możliwości integracji edukacyjnej dla osób ze specjalnymi potrzebami. Równocześnie narzędzia takie jak chatboty edukacyjne czy systemy rekomendacyjne przyczyniają się do zwiększenia dostępności kształcenia niezależnie od lokalizacji czy zaplecza instytucjonalnego (Luckin i in., 2016, s. 14–27).

W kontekście edukacji dorosłych AI oferuje konkretne rozwiązania wspierające personalizację nauczania oraz rozwój kompetencji miękkich. Symulatory rozmów (np. Talespin, Mursion) umożliwiają realistyczne trenowanie umiejętności interpersonalnych i zarządzania emocjami w bezpiecznym, kontrolowanym środowisku (Stamper, 2022). Z kolei systemy oparte na AI, takie jak Grammarly czy Jasper, analizują wypowiedzi pisemne i ustne, wspierając rozwój stylu, tonu oraz przejrzystości komunikacji (Ingley i Pack, 2023).

Ramy kompetencji cyfrowych w dobie inteligentnego społeczeństwa

Wobec dynamicznych przemian technologicznych i społecznych edukacja staje dziś przed koniecznością redefinicji swojej roli, nie tylko jako instytucji przekazującej wiedzę, ale przede wszystkim jako środowiska wspierającego rozwój kompetencji niezbędnych do życia i pracy w społeczeństwie informacyjnym. Jednym z kluczowych czynników wpływających na tę transformację jest sztuczna

inteligencja (AI), która przekształca fundamenty funkcjonowania społecznego, zastępując nie tylko rutynowe czynności, ale również zadania wymagające zaawansowanego myślenia i podejmowania decyzji (Brynjolfsson i McAfee, 2014).

Zgodnie z dokumentem *Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020* (M.P. z 2021 r., poz. 23) technologie AI są wdrażane w niemal wszystkich sferach życia: od diagnostyki medycznej, przez zarządzanie produkcją, aż po edukację (Rada Ministrów, 2020). Upowszechnienie AI znacząco wpływa na transformację rynku pracy oraz zmianę wymaganych kompetencji. Obserwujemy rosnące znaczenie umiejętności miękkich i cyfrowych, które stają się nieodzownym warunkiem skutecznego funkcjonowania w nowych realiach zawodowych. AI oferuje skalowalne, elastyczne i skuteczne sposoby rozwoju kompetencji miękkich, kluczowych w kontekście gospodarki opartej na wiedzy. Mimo że technologia nie zastąpi bezpośrednich relacji międzyludzkich, może wspierać ten rozwój przez symulacje, coaching i personalizację procesu uczenia się. Wymaga to jednak odpowiedzialnego wdrożenia, zapewniającego etykę, prywatność i dostępność dla różnych grup społecznych.

W edukacji dorosłych, gdzie proces uczenia się często odbywa się poza formalnym systemem szkolnym i ma charakter celowy oraz zorientowany zawodowo, AI oferuje nowe, spersonalizowane podejścia do rozwijania tych umiejętności m.in.:

- symulacje i interaktywne środowiska treningowe – zaawansowane narzędzia wykorzystujące rozszerzoną rzeczywistość (AR), wirtualną rzeczywistość (VR) oraz AI, jak Talespin czy Mursion, które umożliwiają użytkownikom ćwiczenie sytuacji komunikacyjnych w realistycznych warunkach, np. rozmów trudnych, negocjacji czy współpracy zespołowej; AI generuje dynamiczne i emocjonalnie responsywne postaci, co pozwala uczestnikom na uczenie się poprzez doświadczenie, z zachowaniem bezpiecznego środowiska treningowego (World Economic Forum, 2025a);
- analiza komunikacji i spersonalizowany feedback – kolejnym obszarem zastosowania AI są narzędzia do analizy wypowiedzi zarówno pisemnych, jak i ustnych; aplikacje takie jak Grammarly czy Jasper analizują poprawność językową, styl wypowiedzi oraz ton, dostarczając natychmiastowej informacji zwrotnej – w ten sposób wspierają one rozwój klarownej, profesjonalnej komunikacji, nieodzownej w nowoczesnym środowisku pracy (Inglej i Pack, 2023);
- AI jako coach rozwoju osobistego – *rośnie* także popularność aplikacji coachingowych opartych na AI (np. BetterUp, CoachHub), które monitorują

postępy użytkowników i na tej podstawie proponują dalsze kierunki rozwoju, np. z zakresu zarządzania stresem, ustalania priorytetów czy doskonalenia przywództwa; dzięki algorytmom uczenia maszynowego możliwe staje się tworzenie zindywidualizowanych ścieżek rozwoju, dostosowanych do celów, możliwości i potrzeb konkretnych użytkowników;

- integracja z adaptacyjnym uczeniem się – personalizacja oparta na AI nie ogranicza się do rozwijania wyłącznie kompetencji technicznych, równie skutecznie pomaga ona kształtować umiejętności miękkie – np. poprzez systemy LMS i inteligentne tutorzy; przykładowo, systemy takie jak Knewton analizują styl uczenia się i tempo użytkownika, dostosowując materiały oraz sposób ich prezentacji, dzięki temu uczestnicy kursów mogą nie tylko efektywniej przyswajać wiedzę, ale też rozwijać samoregulację, refleksyjność i kompetencje interpersonalne (Musiał, 2023, s. 140–142).

Na poziomie systemowym AI może być wykorzystana w zakresie wspomagania zarządzania zasobami edukacyjnymi m.in. przez planowanie zajęć, optymalizację wsparcia dla uczniów z trudnościami czy przydział kadry dydaktycznej. Jednocześnie możliwa staje się personalizacja ścieżek kształcenia oraz wczesna diagnoza barier poznawczych na podstawie analizy danych edukacyjnych (Komisja Europejska, 2022). Warunkiem skutecznej integracji AI w edukacji jest jednak odpowiednie przygotowanie nauczycieli, etyczne podejście do przetwarzania danych oraz zachowanie zasady *human-in-the-loop*, zakładającej wspierającą, a nie zastępującą rolę technologii (Miao i in., 2021).

Kompetencje cyfrowe jako fundament edukacji dorosłych

Równoległe z wdrażaniem technologii AI niezbędne jest systemowe wzmocnienie kompetencji cyfrowych, zarówno wśród uczniów, jak i nauczycieli. UNESCO (Law i in., 2018) podkreśla, że są one fundamentem uczestnictwa w społeczeństwie opartym na wiedzy i innowacji. Kluczowym narzędziem wspierającym rozwój tych umiejętności są Europejskie Ramy Kompetencji Cyfrowych DigComp opracowane przez Joint Research Centre (European Commission, 2018).

W wersji DigComp 2.2 (Krajowa Rada Radiofonii i Telewizji, 2022) model ten definiuje kompetencje cyfrowe jako zbiór wiedzy, umiejętności i postaw niezbędnych do efektywnego, krytycznego i odpowiedzialnego wykorzystywania technologii w życiu codziennym, pracy i nauce. DigComp wyróżnia pięć głównych obszarów: (1) korzystanie z informacji i danych, (2) komunikację

i współpracę w środowisku cyfrowym, (3) tworzenie treści, (4) bezpieczeństwo cyfrowe oraz (5) rozwiązywanie problemów i rozwój kompetencji własnych.

Szczególnie istotne w edukacji dorosłych są kompetencje pozwalające na rozwiązywanie problemów nie tylko technicznych, ale także etycznych i organizacyjnych. Tego rodzaju umiejętności stają się kluczowe dla świadomego uczestnictwa w świecie cyfrowym i wykorzystania jego potencjału w pracy zawodowej oraz życiu społecznym (Ferrari, 2013, s. 32–35).

Kompetencje nauczycieli w świetle badań: studium przypadku

W lutym 2024 r., w ramach projektu „Mapa drogowa transformacji instytucji edukacyjnych poprzez wdrożenie instytucjonalnego podejścia do zrównoważoności” (SUSEDI, Erasmus-EDU-2022-Pi-FORWARD; Kupidura i in., 2025) przeprowadzono badania pilotażowe dotyczące poziomu kompetencji cyfrowych nauczycieli szkół branżowych I i II stopnia w województwach mazowieckim i lubelskim.

Badaniem objęto 30 aktywnych zawodowo nauczycieli, z których 44% stanowiły kobiety. Najliczniejszą grupę stanowili respondenci w wieku 40–49 lat (48%), a 40% mieściło się w przedziale 25–39 lat. Spośród badanych 32% z nich miało staż pracy od 16 do 20 lat, a 40% miało wykształcenie wyższe magisterskie.

Uczestnicy badania najwyżej ocenili swoje kompetencje związane z wyszukiwaniem i przetwarzaniem informacji (obszar „Informacje i dane” – średni poziom kompetencji = 3,96), szczególnie w zakresie przeglądania i filtrowania informacji. Po drugiej stronie skali znalazły się te kompetencje cyfrowe, które dotyczą programowania i tworzenia treści cyfrowych (średni poziom kompetencji = 2,2). Najwyższy poziom kompetencji cyfrowych posiadają nauczyciele w wieku 25–39 lat, najniższy w wieku 50–60 lat, ze szczególnym wskazaniem na te obszary IT, które dotyczą ochrony danych oraz tworzenia treści cyfrowych (Kupidura i in., 2025, s. 120).

Interesujących danych dostarczają także analizy wyników badań z uwagą na wykształcenie respondentów biorących w nich udział. Najwyższy poziom kompetencji cyfrowych posiadają osoby z wykształceniem licencjackim, w sposób szczególny dotyczy to zarządzania informacją oraz współpracy online. Osoby z tytułem magistra inżyniera deklarowały najniższe kompetencje praktyczne, natomiast respondenci z tytułem doktora wykazywali wysokie kompetencje analityczne, ale słabsze umiejętności praktyczne, takie jak np. programowanie. Dane te z pewnością można wykorzystać w planowaniu tematyki szkoleń, jak

i innych form doskonalenia oraz rozwijania kompetencji nauczycieli szkół branżowych I i II stopnia.

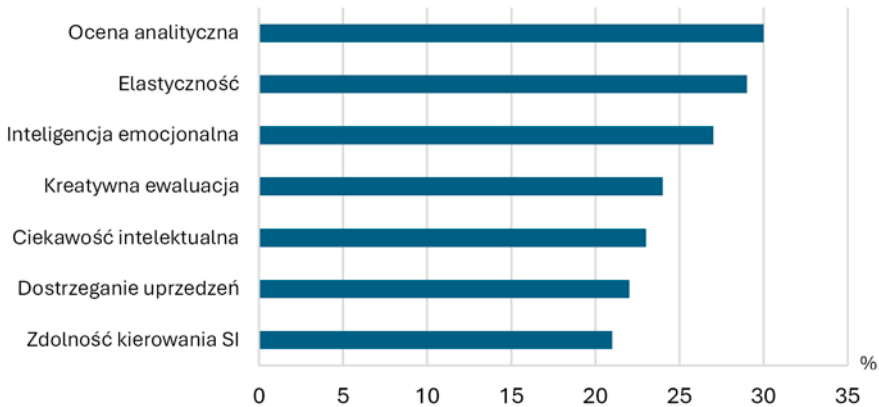
Rozwój kapitału ludzkiego w erze AI

W świetle analiz Komisji Europejskiej rozwój AI w perspektywie krótkoterminowej może prowadzić do redukcji zatrudnienia w wybranych sektorach, natomiast w ujęciu długoterminowym przewiduje się wzrost jakości pracy i pojawienie się nowych miejsc zatrudnienia. Generatywna AI może potencjalnie zautomatyzować nawet 300 mln pełnoetatowych stanowisk na świecie. W tym kontekście kluczowe staje się inwestowanie w rozwój kapitału ludzkiego.

Zgodnie z raportem *The Work Trend Index* (Microsoft, 2023) ponad 80% menedżerów na świecie uważa, że nowa rzeczywistość technologiczna wymusi pozyskiwanie nowych kompetencji. Do najważniejszych należą: analiza danych (30%), elastyczność (29%), inteligencja emocjonalna (27%), kreatywne myślenie (24%), ciekawość intelektualna (23%), świadomość uprzedzeń (22%) oraz umiejętność efektywnego korzystania z AI (21%), w tym formułowania precyzyjnych promptów (Wykres 1).

Wykres 1

Kompetencje kluczowe w nowym modelu pracy z wykorzystaniem AI



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Microsoft (2023).

Firmy osiągają największe korzyści z wdrażania sztucznej inteligencji (AI), gdy równolegle inwestują w rozwój kompetencji swoich pracowników – zarówno umiejętności technicznych, jak i miękkich. Jak wynika z globalnego badania Microsoft – *AI & Skills* – przeprowadzonego wśród 12 tys. pracowników

i menedżerów, 44% firm w Polsce dopiero rozpoczyna eksperymentowanie z technologiami opartymi na sztucznej inteligencji, a zapotrzebowanie na kompetencje w tym obszarze dynamicznie rośnie (Klimczuk, 2020).

W dobie rozwoju sztucznej inteligencji – w ciągu zaledwie pięciu miesięcy od debiutu ChatGPT – liczba ofert pracy w sektorze IT, wymagających umiejętności związanych z AI, wzrosła o 30%. Szczególnie wysoki popyt obserwuje się w takich dziedzinach jak: marketing (SEO, tworzenie treści), sprzedaż, analiza danych (BI & Data) oraz automatyka. Co istotne, aż 42% ogłoszeń rekrutacyjnych zawiera wymagania dotyczące tzw. *prompt engineering*, czyli tworzenia skutecznych instrukcji tekstowych dla systemów opartych na AI (Desperak, 2023).

Wraz z rosnącym znaczeniem AI coraz większą rolę w organizacjach odgrywają liderzy technologiczni. Z danych Deloitte (2020) wynika, że odsetek osób odpowiedzialnych za technologie w firmach wzrósł z 22% w 2018 r. do 40% w 2020 r., co odzwierciedla rosnące znaczenie kompetencji cyfrowych w zarządzaniu, innowacjach i transformacji biznesowej.

Na tle Unii Europejskiej Polska wypada różnorodnie pod względem zatrudnienia specjalistów AI. W sektorze IT i tworzenia oprogramowania ich udział jest wyższy niż unijna średnia (58% wobec 40,6%). Jednak w edukacji – sektorze kluczowym dla długofalowego rozwoju kapitału ludzkiego – odsetek ten jest znacząco niższy: 12,6% wobec 24,5% (M.P. z 2021 r., poz. 23).

Z raportu *The fearless future: 2025 Global AI Jobs Barometer* (PWC Global, 2025) wynika, że w Polsce udział ogłoszeń o pracę zawierających wymóg znajomości narzędzi AI osiągnął w 2024 r. rekordowy poziom, tj. 2,5% – najwyższy od 2018 r. Co więcej, oferty pracy na stanowiska związane z wykorzystywaniem narzędzi AI zanotowały średni wzrost liczebności aż o 235% w latach 2019–2024, a pracownicy z kompetencjami AI zarabiają średnio 56% więcej niż ich współpracownicy (Wąsowski, 2025). Z kolei blisko 1/3 wszystkich stanowisk pracy w Polsce możliwa jest do automatyzacji, a w niektórych sektorach – takich jak przemysł czy usługi profesjonalne – proces ten postępuje dynamicznie (PARP, 2023).

Przyszłość sztucznej inteligencji w edukacji dorosłych, kierunki rozwoju i wyzwania

Współczesny rozwój sztucznej inteligencji staje się katalizatorem głębokich przemian w obszarze edukacji dorosłych. W nadchodzących latach można oczekiwać dalszej intensyfikacji trendów związanych z wykorzystaniem AI jako narzędzia

wspierającego uczenie się przez całe życie. Wyróżnić można kilka kluczowych kierunków tej ewolucji.

Generatywna AI jako spersonalizowany tutor

Modele generatywne nowej generacji, takie jak GPT-4 oraz jego następcy, są coraz częściej integrowane z platformami edukacyjnymi, oferując użytkownikom interaktywne, konwersacyjne wsparcie dydaktyczne. Przykładem takiego rozwiązania jest Khanmigo – inteligentny asystent opracowany przez Khan Academy we współpracy z OpenAI, który pomaga uczniom, w tym dorosłym, rozwijać kompetencje w różnych dziedzinach wiedzy. Dzięki dostępności przez urządzenia mobilne i możliwość personalizacji, generatywne AI mogą stać się powszechnymi „mentorami edukacyjnymi”, oferującymi naukę na żądanie. Istotnym wyzwaniem w tym kontekście pozostaje zapewnienie jakości i wiarygodności generowanych treści, co skłania do łączenia modeli językowych z wiarygodnymi źródłami wiedzy.

Immersyjna edukacja: XR, metawersum i AI

Technologie rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (AR/VR), wspomagane przez AI, umożliwiają tworzenie immersyjnych środowisk edukacyjnych, które poprzez symulacje i realistyczne treningi sprawdzają się szczególnie w kontekście nauki dorosłych. Przykłady zastosowania obejmują wirtualne szkolenia BHP, symulacje medyczne czy treningi umiejętności miękkich. Według raportu *EDUCAUSE Horizon Report 2025* (Jenay i in., 2025), technologie immersyjne, takie jak rzeczywistość rozszerzona i wirtualna (XR) oraz sztuczna inteligencja, zmieniają sposób, w jaki uczniowie wchodzi w interakcję z materiałami edukacyjnymi. Przekształcają one również podejście do rozumienia procesów poznawczych i dokumentowania postępów w nauce (Jenay i in., 2025). Dzięki zastosowaniu AI środowiska te mogą elastycznie dostosowywać się do działań użytkownika, np. poprzez wykorzystanie interaktywnych postaci sterowanych przez modele językowe. To kierunek o dużym potencjale, zwłaszcza w sektorach wymagających kosztownych lub niebezpiecznych ćwiczeń praktycznych, takich jak medycyna, inżynieria czy bezpieczeństwo pracy (Georgieva i in., 2024).

Personal learning clouds i zarządzanie uczeniem się

Koncepcja *personal learning clouds* zakłada stworzenie zintegrowanego, cyfrowego środowiska edukacyjnego, w którym sztuczna inteligencja wspiera indywidualny rozwój uczącego się. Dzięki tworzeniu cyfrowych profili edukacyjnych, przypominających e-portfolio, możliwe staje się bieżące śledzenie postępów, planowanie dalszej nauki oraz dostosowywanie treści do potrzeb użytkownika. AI może również sugerować nowe kursy, przypominać o konieczności aktualizacji wiedzy i ułatwiać kontakt z osobami o podobnych celach edukacyjnych, wspierając tym samym uczenie się w społeczności (w Finlandii i Norwegii już wdrażane są takie rozwiązania). To podejście odzwierciedla zmianę modelu edukacji od tradycyjnych, instytucjonalnych form nauki ku elastycznemu, ciągłemu uczeniu się w sieci.

Ramy regulacyjne i polityki publiczne

Rozwój AI w edukacji dorosłych wymaga odpowiednich norm prawnych i wsparcia instytucjonalnego. Trwające w Unii Europejskiej prace nad regulacjami w ramach rozporządzenia unijnego *AI Act (Artificial Intelligence Act)* przewidują uznanie systemów edukacyjnych, zintegrowanych z AI, za technologie wysokiego ryzyka, co pociąga za sobą wymogi certyfikacyjne i etyczne (European Commission, 2024). Kwestia ta będzie miała kluczowe znaczenie dla dalszego wdrażania AI w edukacji. „*Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku...*” (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025) wskazuje na konieczność adaptacji systemów kształcenia do wyzwań epoki cyfrowej, co obejmuje także tworzenie rozwiązań edukacyjnych nowej generacji, wspieranych przez AI (M.P. z 2021 r., poz. 23).

AI w systemach kwalifikacji i mikrocertyfikacji

Rosnące znaczenie mikrocertyfi-katów i cyfrowych odznak – jako form potwierdzania kompetencji – znajduje wsparcie w technologii AI, nie tylko w kontekście nauczania, ale również w przypadku automatycznej walidacji umiejętności. Koncepcja ciągłej walidacji zakłada, że AI monitoruje postępy użytkownika i samodzielnie przyznaje certyfikaty po spełnieniu określonych kryteriów (OECD, 2021). W Polsce rozwijany jest Zintegrowany System Kwalifikacji (ZSK), który w przyszłości mógłby zostać rozszerzony o moduły AI wspierające obywateli

w planowaniu ścieżek edukacyjnych na podstawie danych rynkowych i trendów zawodowych.

Wyzwania etyczne i praktyczne związane z implementacją AI w edukacji dorosłych

Pomimo licznych i obiecujących możliwości, jakie niesie ze sobą sztuczna inteligencja w kontekście edukacji dorosłych, jej wdrażanie wiąże się z szeregiem istotnych wyzwań.

Prywatność i bezpieczeństwo danych

Systemy AI działają na podstawie analizy dużych zbiorów danych, często pochodzących bezpośrednio od użytkowników. W kontekście edukacji dorosłych są to informacje dotyczące postępów, wyników, preferencji edukacyjnych, a niekiedy także dane osobowe. Powstaje zatem zasadnicze pytanie dotyczące skuteczności ochrony danych i zapewnienia zgodności z obowiązującymi regulacjami prawnymi, takimi jak RODO. Przykładowo, w systemach adaptacyjnych, które analizują słabe strony uczącego się, może dojść do naruszenia prywatności, jeśli dane te nie są odpowiednio zabezpieczone lub zanonimizowane. Konieczne jest zatem stosowanie transparentnych polityk prywatności, uzyskiwanie świadomych zgód oraz minimalizowanie przetwarzanych danych tam, gdzie to możliwe (Parlament Europejski, 2020).

Uprzedzenia algorytmiczne i sprawiedliwość systemów AI

Algorytmy mogą nieświadomie wzmacniać istniejące uprzedzenia, jeśli nie są projektowane i testowane z uwzględnieniem różnorodności użytkowników. W edukacji dorosłych, gdzie uczący się różnią się wiekiem, stylem uczenia się, pochodzeniem kulturowym czy poziomem wykształcenia, ryzyko algorytmicznej dyskryminacji jest szczególnie istotne. Przykładem może być system automatycznej oceny wypowiedzi pisemnych, który preferuje określony styl językowy, typowy dla młodszych użytkowników, marginalizując np. osoby starsze uczące się języka obcego. Zapewnienie sprawiedliwości (*fairness*) wymaga wdrażania mechanizmów testowania modeli pod kątem biasów, projektowania systemów z udziałem różnych grup docelowych oraz utrzymywania nadzoru człowieka nad decyzjami AI – zasada *human-in-the-loop* (World Economic Forum, 2025a).

Transparentność działania i budowanie zaufania

Zaufanie użytkowników do technologii edukacyjnych zależy w dużej mierze od ich przejrzystości. W przypadku systemów rekomendacyjnych czy automatycznego doboru materiałów dydaktycznych użytkownicy powinni mieć możliwość zrozumienia, na jakiej podstawie algorytm podjął określoną decyzję. Koncepcja *Explainable AI* (XAI) nabiera tu szczególnego znaczenia – umożliwia przedstawienie logiki działania algorytmu w sposób zrozumiały. Brak transparentności może prowadzić do błędnych interpretacji, nieufności, a w skrajnych przypadkach do odrzucenia technologii. Dlatego implementacja AI w edukacji powinna być zgodna z etycznymi standardami promowanymi m.in. przez UNESCO czy Komisję Europejską, które kładą duży nacisk na zrozumiałość, kontrolę i możliwość interwencji użytkownika.

Kompetencje cyfrowe edukatorów i uczących się

Skuteczne wykorzystanie narzędzi AI w edukacji dorosłych wymaga podniesienia poziomu kompetencji cyfrowych zarówno wśród edukatorów, jak i samych uczniów. Nauczyciele i trenerzy muszą mieć podstawową wiedzę na temat funkcjonowania AI (tzw. *AI literacy*), by umiejętnie integrować ją z metodami nauczania, nie popadając przy tym w ani bezkrytyczne zaufanie, ani całkowitą rezygnację z jej użycia. Z kolei uczący się powinni rozwijać umiejętność krytycznej oceny informacji generowanych przez AI, np. weryfikować treści pod kątem rzetelności i adekwatności. W tym kontekście zasadne jest wprowadzenie elementów edukacji o AI do programów kształcenia dorosłych zarówno w zakresie korzyści, jak i zagrożeń związanych z jej stosowaniem.

Rola człowieka w procesie dydaktycznym

Jednym z najczęściej pojawiających się pytań jest to, czy AI zastąpi, czy raczej uzupełni rolę nauczyciela. Wydaje się, że najbardziej realistycznym i pożądanym scenariuszem jest model hybrydowy, w którym technologia wspiera edukatora, przejmując powtarzalne i rutynowe zadania (np. ocenianie, udzielanie szybkiej informacji zwrotnej), pozostawiając nauczycielowi przestrzeń na działania wymagające empatii, motywowania czy rozwijania kompetencji społecznych. Jednocześnie dla uczących się dorosłych interakcja wyłącznie z maszyną może okazać się niewystarczająca. Znaczenie relacji interpersonalnych zwłaszcza

w kontekście motywacji, poczucia wspólnoty oraz wsparcia emocjonalnego pozostaje nadal istotne. W tym ujęciu nauczyciel pełni rolę moderatora i interpretatora wyników AI, a uczący się powinien być aktywnym uczestnikiem procesu kształcenia, a nie jedynie pasywnym odbiorcą treści generowanych przez algorytmy.

Implementacja AI w edukacji dorosłych musi przebiegać zgodnie z zasadami odpowiedzialnej innowacji. Oznacza to konieczność stopniowego wdrażania rozwiązań, monitorowania ich skutków oraz angażowania interesariuszy – zarówno edukatorów, jak i samych uczących się – w proces projektowania i ewaluacji systemów. Przykłady dokumentów UE wskazują, że zbyt pochopne zaufanie algorytmom może skutkować obniżeniem autonomii ucznia oraz osłabieniem procesu refleksyjnego myślenia. W związku z tym każda decyzja o wdrożeniu AI w edukacji dorosłych powinna być poprzedzona analizą ryzyka, oceną zgodności z ramami etycznymi i zaleceniami (np. UNESCO, 2019) oraz uwzględniać różnorodność i potrzeby osób uczących się.

Podsumowanie i wnioski

Wraz z postępującą cyfryzacją życia społecznego i zawodowego sztuczna inteligencja zyskuje na znaczeniu jako komponent systemów wspierających uczenie się przez całe życie. W edukacji dorosłych staje się ona nie tylko narzędziem dostarczającym treści, ale coraz częściej w procesie kształcenia pełni funkcję „aktywnego partnera”. Rozwój modeli generatywnych, takich jak GPT-4 i jego następców, otwiera nowe perspektywy dla personalizacji nauki – zarówno pod względem tempa, jak i stylu przyswajania wiedzy. Przykładem może być projekt Khanmigo, w którym generatywna AI wspiera uczących się w sposób interaktywny i dostosowany do indywidualnych potrzeb edukacyjnych.

W niedalekiej przyszłości sztuczna inteligencja może stać się wszechobecnym „mentorem edukacyjnym”, dostępnym z poziomu urządzeń mobilnych, wspierającym dorosłych w nauce na żądanie w sposób elastyczny, zintegrowany z ich zawodowym i prywatnym życiem. Potencjał ten niesie jednak wyzwania w zakresie jakości i wiarygodności treści edukacyjnych. Coraz wyraźniejszym trendem jest więc integracja modeli AI z bazami wiedzy i systemami weryfikacji faktów.

Równolegle rozwijają się systemy mikrocertyfikacji i cyfrowych odznak, które – wspierane przez AI – mogą nie tylko dokumentować efekty kształcenia, ale również w czasie rzeczywistym monitorować postępy użytkowników oraz automatycznie walidować zdobyte kompetencje. Koncepcja ciągłej oceny,

realizowana z pomocą sztucznej inteligencji, może zrewolucjonizować systemy kwalifikacji, czyniąc je bardziej responsywnymi wobec potrzeb rynku pracy. Przykładowo, analiza danych pochodzących z ogłoszeń rekrutacyjnych może zostać sprzężona z ofertą edukacyjną, umożliwiając lepsze dopasowanie ścieżek rozwoju do aktualnych potrzeb zawodowych. W Polsce kierunek ten znajduje odzwierciedlenie w działaniach na rzecz rozbudowy Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji, który w przyszłości może zostać zasilony modułami AI wspierającymi obywateli w planowaniu indywidualnych ścieżek edukacyjnych (Fazlagić, 2022, s. 144).

Kolejnym istotnym obszarem jest rozwój immersyjnych form nauki, opartych na technologiach rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (XR), wspomaganych przez AI. Symulacje z użyciem wirtualnych środowisk oraz inteligentnych NPC (*non-player characters*) mogą odgrywać znaczącą rolę w szkoleniach zawodowych – w zakresie np. BHP, medycyny czy rozwijania kompetencji miękkich. Przykłady zastosowania tego typu rozwiązań pokazują, że połączenie XR i AI może skutecznie wspierać procesy uczenia się refleksyjnego oraz uczenia przez doświadczenie.

Wizja przyszłości edukacji dorosłych coraz częściej obejmuje ideę *personal learning clouds*, czyli spersonalizowanych ekosystemów uczenia się, w których AI pełni funkcję integratora i towarzysza rozwoju kompetencji. Zamiast jednorazowych, instytucjonalnych epizodów edukacyjnych mamy do czynienia z ciągłym, sieciowym procesem kształcenia, zarządzanym przez inteligentne systemy. AI może tu odgrywać rolę „zarządcy wiedzy”, analizującego dotychczasowe osiągnięcia, sugerującego dalsze kroki edukacyjne oraz wspierającego uczenie się społeczne poprzez łączenie osób o podobnych celach edukacyjnych (Itopia Team, 2023).

Niezależnie jednak od technologicznego potencjału, kluczowym elementem przyszłości AI w edukacji dorosłych będą ramy regulacyjne oraz strategie wdrażania tej technologii. Trwające prace legislacyjne w ramach *AI Act* w Unii Europejskiej wskazują na możliwość uznania narzędzi edukacyjnych opartych na AI za systemy wysokiego ryzyka, co pociąga za sobą konieczność certyfikacji i spełniania rygorystycznych wymogów etycznych i jakościowych. W tym kontekście niezwykle istotne jest, aby systemy edukacyjne rozwijane z użyciem AI były projektowane zgodnie z wartościami andragogiki z uwzględnieniem autonomii, inkluzywności oraz sprawiedliwego dostępu (Parlament Europejski, 2023). Co więcej, zbyt bezrefleksyjne wdrażanie technologii AI może prowadzić do ryzyka dehumanizacji procesu edukacyjnego oraz marginalizacji roli

nauczyciela. Przykłady automatyzacji w innych sektorach, prowadzące często do redukcji zatrudnienia, budzą uzasadnione obawy, dlatego coraz częściej podkreśla się potrzebę budowania modelu współpracy człowieka i maszyny, opartego na wzajemnym uzupełnianiu się kompetencji. Występuje konieczność rozwijania kompetencji komputacyjnych oraz krytycznego i etycznego podejścia do technologii jako nieodzownego elementu nowoczesnej edukacji (Prensky, 2013; Wing, 2006).

Sztuczna inteligencja ma potencjał, by zrewolucjonizować edukację dorosłych, pod warunkiem że zostanie wdrożona w sposób przemyślany, inkluzywny i zgodny z wartościami edukacyjnymi. Jej skuteczne wykorzystanie wymaga interdyscyplinarnej współpracy inżynierów, edukatorów, decydentów oraz samych uczących się – przy zachowaniu krytycznego podejścia do wyzwań technologicznych, etycznych i społecznych.

Referencje

- Brynjolfsson, E., McAfee, A. (2014). *The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton & Company.
- Deloitte. (2020). *The kinetic leader: boldly reinventing the enterprise. Findings from the 2020 Global Technology Leadership Study*. Deloitte. Insights, <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/leadership/global-technology-leadership-study.html> (14.05.2025).
- Desperak, M. (2023). *Zabierze nam pracę czy skróci ją do 4 dni w tygodniu? Polacy powiedzieli, co myślą o sztucznej inteligencji*. Rocketjobs.pl, <https://rocketjobs.pl/blog/ozmieni-sztuczna-inteligencja-na-ryнку-pracy-w-polsce-wyniki-raportu> (15.04.2025).
- European Commission. (2018). *DigComp Framework*. European Commission, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/oldpage-digcomp/digcomp-framework_en (21.05.2025).
- European Commission. (2024). *AI Act enters into force*. European Commission, https://commission.europa.eu/news-and-media/news/ai-act-enters-force-2024-08-01_en (21.05.2025).
- Eurostat. (2024). *Population structure and ageing*. Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Population_structure_and_ageing (15.04.2025).
- Fazlagić, J. (red.). (2022). *Sztuczna inteligencja (AI) jako megatrend kształtujący edukację. Jak przygotowywać się na szanse i wyzwania społeczno-gospodarcze związane ze sztuczną inteligencją?* Instytut Badań Edukacyjnych.
- Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP. A framework for developing and understanding digital competence in Europe*, eds. Y. Punie, B.N. Brečko. Publications Office of the European Union.
- Georgieva, M., Nelson, J., LaFosse, R., Contis, D. (2024). *Navigating the XR educational landscape: privacy, safety, and ethical guidelines*. Educause.edu, <https://www.educause.edu/research/community/2024/navigating-the-xr-educational-landscape-privacy-safety-and-ethical-guidelines/xr-adoption-in-higher-education> (21.05.2025).

- Ingley, S.J., Pack, A. (2023). *Leveraging AI tools to develop the writer rather than the writing*. Trends in Ecology & Evolution, 38, 9, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534723001301> (14.03.2025).
- Itopia Team. (2023). *Enhancing personalized education with cloud-based learning platforms*. Itopia, <https://itopia.com/enhancing-personalized-education-with-cloud-based-learning-platforms/> (21.05.2025).
- Jenay, R., Muscanell, N., McCormack, M., Pelletier, K., Arbino, N., Young, K., Reeves, J. (2025). *2025 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and learning edition*, <https://library.educause.edu/resources/2025/5/2025-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition> (20.05.2025).
- Klimczuk, A. (2020). *Badanie Microsoft: AI motywuje firmy do podnoszenia umiejętności pracowników*. Microsoft.com, <https://news.microsoft.com/pl-pl/2020/06/30/badanie-microsoft-ai-motywuje-firmy-do-podnoszenia-umiejetnosci-pracownikow/> (15.04.2025).
- Komisja Europejska. (2022). *Wytyczne etyczne dla nauczycieli dotyczące wykorzystania sztucznej inteligencji i danych w nauczaniu i uczeniu się*. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, https://learning-corner.learning.europa.eu/learning-materials/use-artificial-intelligence-ai-and-data-teaching-and-learning_pl (20.05.2025).
- Krajowa Rada Radiofonii i Telewizji. (2022). *DigComp 2.2. w poszukiwaniu klucza do kompetencji cyfrowych*. Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/krrit/digcomp-22-w-poszukiwaniu-klucza-do-kompetencji-cyfrowych> (26.05.2025).
- Kupidura, T., Stachura, M., Ślusarczyk, M. (2025). *DigComp i GreenComp jako narzędzia samooceny kompetencji nauczycieli*. Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 1(128).
- Law, N., Woo, D., De la Torre, J., Wong, G, UNESCO Institute for Statistics. (2018). *A global framework of reference on digital literacy skills for indicator 4.4.2*. UNESCO, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265403> (27.05.2025).
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., Forcier, L.B. (2016). *Intelligence unleashed: an argument for AI in education*. Pearson.
- Miao, F., Holmes, W., Hu., R., Zhang, H. (2021). *AI and education: guidance for policy-makers*. UNESCO, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709> (15.04.2025).
- Microsoft. (2023). *Will AI fix work?* Microsoft.com, <https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/will-ai-fix-work> (23.05.2025).
- Ministerstwo Cyfryzacji. (2025). „*Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do 2030 roku*” – bezpieczne i odpowiedzialne wykorzystanie sztucznej inteligencji, <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/polityka-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-do-2030-roku--bezpieczne-i-odpowiedzialne-wykorzystanie-sztucznej-inteligencji> (3.11.2025)
- Ministerstwo Edukacji Narodowej. (2020). *Zintegrowana Strategia Umiejętności 2030 (część szczegółowa)*. *Polityka na rzecz rozwijania umiejętności zgodnie z ideą uczenia się przez całe życie [dokument pdf]*. Załącznik do: *Zintegrowana Strategia Umiejętności 2030 (część szczegółowa) – dokument przyjęty przez Radę Ministrów*, <https://www.gov.pl/web/edukacja/zintegrowana-strategia-umiejetnosci-2030-czesc-szczegolowa--dokument-przyjety-przez-rade-ministrow> (11.03.2025).
- Musiał, E. (2023). *Algorytmy – cyfrowa technologia władzy i jej wpływ na współczesną rzeczywistość edukacyjną*. Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 4.
- OECD. (2021). *Future of education and skills 2030/2040*. OECD.org, <https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html> (19.05.2025).

- Parlament Europejski. (2020). *Sztuczna inteligencja: szanse i zagrożenia*, <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20200918STO87404/sztuczna-inteligencja-szanse-i-zagrozenia> (19.05.2025).
- Parlament Europejski. (2023). *Akt ws. sztucznej inteligencji: pierwsze przepisy regulujące sztuczną inteligencję*, <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20230601STO93804/akt-ws-sztucznej-inteligencji-pierwsze-przepisy-regulujace-ai> (28.05.2025).
- PARP. (2023). *Polska branża produkcyjna – czy doganiamy światowe procesy automatyzacji?* Informacja prasowa PARP, <https://www.parp.gov.pl/attachments/article/83776/1%20lutego%20info%20prasowe%20automatyzacja.pdf> (19.05.2025).
- Prensky, M. (2013). *Brain gain. Technology and the quest for digital wisdom*. Palgrave Macmillan.
- Przegalińska, A. (2022). *Współpracująca sztuczna inteligencja. Przykład wirtualnych asystentów i konwersacyjnej AI*. W: J. Fazlagić (red.), *Sztuczna inteligencja (AI) jako megatrend kształtujący edukację. Jak przygotowywać się na szanse i wyzwania społeczno-gospodarcze związane ze sztuczną inteligencją?* (s. 12–24). Instytut Badań Edukacyjnych.
- PWC Global. (2025). *The fearless future: 2025 Global AI Jobs Barometer*, PWC.com, <https://www.pwc.com/gx/en/issues/artificial-intelligence/ai-jobs-barometer.html> (3.11.2025).
- Rada Ministrów. (2020). *Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020*. Załącznik do uchwały nr 196 Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2020 r. (poz. 23). Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/ai/polityka-dla-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-od-roku-2020> (10.07.2025).
- Russell, S.J., Norvig, P. (eds.) (2010). *Artificial Intelligence. A modern approach*. Prentice Hall.
- Spencer, J.I., Pack, A. (2023). *Leveraging AI tools to develop the writer rather than the writing*. Trends in Ecology & Evolution, 38(9).
- Stamper, B. (2022). *4 misconceptions of online learning*. EDUCAUSE Review, <https://er.educause.edu/articles/2022/5/4-misconceptions-of-online-learning> (14.03.2025).
- Tadeusiewicz, R. (2020). *Archipelag sztucznej inteligencji. Część 1. Napędy i Sterowanie*, 12. Uchwała nr 196 Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2020 r. w sprawie ustanowienia *Polityki dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020* (M.P. z 2021 r., poz. 23), <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WMP20210000023> (10.07.2025).
- UNESCO. (2019). *Ethics of Artificial Intelligence. The Recommendation*, <https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics> (10.07.2025).
- UNESCO Institute for Lifelong Learning. (2020). *Embracing a culture of lifelong learning: contribution to the Futures of Education initiative. Report: a transdisciplinary expert consultation*, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374112.UIL> (28.05.2025).
- Wąsowski, M. (2025). *Wielki trend na rynku pracy widoczny też w Polsce. „Wyraźnie się zmienia”*, Money.pl, <https://www.money.pl/gospodarka/wielki-trend-na-ryнку-pracy-widoczny-tez-w-polsce-wyraznie-sie-zmienia-7165763492240288a.html> (10.07.2025).
- Wing, J.M. (2006). *Computational thinking*. Communications of the ACM, 49(3).
- World Economic Forum. (2025a). *Shaping the future of learning: the role of AI in Education 4.0. Insight report. April 2025*. World Economic Forum, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Learning_2024.pdf (28.05.2025).
- World Economic Forum. (2025b). *The future of jobs report 2025. Insight report. January 2025*. World Economic Forum, https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf (28.05.2025).