

# AI4Youth

Sztuczna inteligencja w polskiej szkole  
- wnioski na podstawie realizacji i wyników projektu  
AI4Youth



## Wstęp

Niniejsze opracowanie prezentuje i omawia wnioski i wytyczne w zakresie na przyszłość, które są efektem realizacji projektu pilotażowego AI4Youth realizowanego na rzecz Ministerstwa Rozwoju i Technologii. Przedstawione konkluzje wynikają z samej realizacji projektu przez konsorcjum: Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego oraz firmy SDA spółka z o.o. jak również też danych badawczych, które uzyskano od uczestników projektu w trakcie jego trwania. Zgodnie z metodologią i dobrymi praktykami ewaluacyjnymi zdecydowaliśmy się na sondażowe badania nauczycieli (mierzyliśmy zmianę postaw i opinii, a także deklarowanej wiedzy z zakresu programowania i sztucznej inteligencji wraz z ankietą ewaluacyjną i zestawieniem zgłaszanych w trakcie projektu problemów) oraz uczniów (ankieta ewaluacyjna).

## O projekcie

Opracowanie powstało w ramach projektu AI4Youth, to jest pilotażowego projektu edukacyjnego skierowanego do nauczycieli i uczniów polskich liceów ogólnokształcących i techników zawodowych, który został zrealizowany na rzecz Ministerstwa Rozwoju i Technologii. Program AI4Youth to autorski, globalny program firmy Intel, mający na celu zwiększenie świadomości cyfrowej, zwłaszcza w zakresie sztucznej inteligencji oraz promowanie kompetencji przyszłości wśród młodzieży.

Celem projektu AI4Youth było m.in. wypracowanie i przetestowanie rozwiązań służących kształtowaniu kompetencji z zakresu sztucznej inteligencji (AI) wśród co najmniej 120 nauczycieli i 1800 uczniów szkół średnich oraz promowaniu przedsiębiorczości opartej na AI w 60 szkołach średnich. AI4Youth zapewniał szkolenia powodujące wzrost wiedzy nauczycieli i uczniów w zakresie rozumienia AI, a także proponował narzędzia technologiczne do ćwiczenia programowania, jak i rozwijania umiejętności z zakresu wykorzystywania AI. Projekt zarówno wypełniał lukę w postaci braku tak sformułowanych programów w polskiej rzeczywistości edukacyjnej, jak i dostarczał przystępne narzędzia technologiczne do realizacji programu. W założeniu projektu znalazło się także rozwijanie postaw przedsiębiorczych wśród młodzieży, rozumianych między innymi jako twórczość, innowacyjność i podejmowanie ryzyka, a także zdolność do planowania przedsięwzięć i kierowania nimi dla osiągnięcia zamierzonych celów. Program AI4Youth miał być zatem inspiracją do działania, a także zachęcać do podejmowania decyzji, np. o rozpoczęciu działalności startupowej.

Szkoły biorące udział w projekcie otrzymały: pakiet materiałów edukacyjnych pełnego programu AI for Youth, przygotowanych przez firmę Intel Corporation (scenariusze edukacyjne, prezentacje multimedialne, materiały dodatkowe – dołączone lub osadzone filmy, interaktywne arkusze ćwiczeń programistycznych), dostęp do nowoczesnych usług internetowych, wspierających realizację działań tego typu, w tym programowanie w

przełęczarce oraz certyfikat szkoły, w której realizowany jest innowacyjny projekt AI4Youth, wydany przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo – Sieciowe. Nauczycielom oferowano: szkolenie w zakresie podstaw sztucznej inteligencji (szkolenie prowadzone przez inżynierów, zajmujących się na co dzień AI), rozwijające umiejętności w zakresie praktycznego wykorzystania sztucznej inteligencji i tworzenia własnych rozwiązań, szkolenie w zakresie podstaw Design Thinking, szkolenie w zakresie podstaw języka Python, wsparcie trenerów oraz certyfikat Coacha Programu AI for Youth, wydany przez firmę Intel Corporation.

## Zakres pojęciowy

Kluczowym pojęciem projektu, a tym samym niniejszego opracowania jest oczywiście sztuczna inteligencja (ang. *artificial intelligence*, AI). AI definiowana jest różnie w literaturze, jedna z możliwych definicji przedstawia ją następująco::

„Sztuczna inteligencja to dziedzina badań i wynikające z niej innowacje i osiągnięcia, których kulminacją są komputery, maszyny i inne artefakty posiadające inteligencję podobną do ludzkiej, charakteryzującą się zdolnościami poznawczymi, uczeniem się, zdolnościami adaptacyjnymi i zdolnościami podejmowania decyzji” (Chen i in., 2020).

Definicję tę znakomicie uzupełniają przykłady opisane przez Komisję Europejską (EC, 2018): „Systemy [sztucznej inteligencji, SI] mogą być oparte na oprogramowaniu, działając w świecie wirtualnym (np. asystenci głosowi, oprogramowanie do analizy obrazu, wyszukiwarki, systemy rozpoznawania mowy i twarzy), lub mogą być wbudowane w urządzenia (np. zaawansowane roboty, samochody autonomiczne, drony lub aplikacje internetu rzeczy). Z SI korzystamy codziennie, np. do wykonywania tłumaczeń z obcych języków, generowania napisów w filmach wideo lub blokowania spamu”.

Gdy zastanawiamy się nad sztuczną inteligencją, zazwyczaj przychodzi nam na myśl superkomputer, czyli komputer o ogromnych możliwościach przetwarzania, w tym zachowań adaptacyjnych, takich jak włączanie czujników i innych funkcji, które umożliwiają mu posiadanie zdolności poznawczych i funkcjonalnych podobnych do ludzkich, a nawet poprawiają interakcję superkomputerów z ludźmi. Zainteresowanie sztuczną inteligencją wzrasta dynamicznie na całym świecie, również w sektorze edukacji. Doświadczenia z innych krajów pokazują na przykład, że sztuczna inteligencja wykorzystana do zbudowania robotów edukacyjnych może służyć poprawie doświadczenia uczenia się ucznia już od etapu edukacji wczesnoszkolnej. Przykładowo, Timms (2016) założył, że tzw. coboty (*college robots*) będą wykorzystywane do nauczania dzieci rutynowych zadań, w tym pisowni i wymowy, przy jednoczesnym dostosowywaniu się do umiejętności uczniów (Timms, 2016; Snyder, 2019; Fang i in. 2019). Podobnie, edukacja z wykorzystaniem Internetu lub zdalna, przeszła od zwykłego korzystania z materiałów online, czyli np. pobierania zasobów edukacyjnych, uczenia się i wykonywania zadań aż do inteligentnego i adaptacyjnego systemu internetowego, który

uczy się zachowań instruktora i ucznia w celu odpowiedniego dostosowania i wzbogacenia doświadczenia edukacyjnego (Devedzić, 2004; Chassignol i in., 2018).

Choć sztuczna inteligencja nieodłącznie kojarzy się z komputerami i jej rozwój przypisuje się rozwojowi samych technologii informatycznych, należy podkreślić, że badacze zwracają uwagę na fakt, że u podłoża sztucznej inteligencji leży jednak sama inteligencja i rozwój poznawczy człowieka. Wbudowane w komputery czujniki i inne technologie ułatwiły transfer sztucznej inteligencji do maszyn i innych przedmiotów, takich jak budynki i roboty (Chassignol i in., 2018). AI bywa zatem definiowana jako obszar badań w informatyce, który ma na celu rozwiązywanie różnych problemów poznawczych, powszechnie kojarzonych z ludzką inteligencją, takich jak uczenie się, rozwiązywanie problemów i rozpoznawanie wzorców, a następnie adaptacja. Sztuczna inteligencja stanowi zatem pewne ramy teoretyczne, kierujące rozwojem i użytkowaniem systemów komputerowych o możliwościach ludzkich, w szczególności inteligencji i zdolności do wykonywania zadań wymagających np. percepcji wzrokowej, rozpoznawania mowy, podejmowania decyzji i tłumaczenia języków) (Chassignol i in., 2018).

Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Edukacji i Kultury (UNESCO, 2019) zwraca szczególną uwagę na fakt, że sztuczna inteligencja przeniknęła różne sektory społeczeństwa, w szczególności sektor edukacji. Edukacja zmienia się (a na pewno powinna zmieniać się) wraz ze zmianami na rynku pracy (w tym wraz z oczekiwaniami pracodawców), co wymaga włączenia sztucznej inteligencji do procesu nauczania-uczenie się. Na przykład, w medycynie intensywnie wykorzystuje się obecnie sztuczną inteligencję, co wymusza wcześniejsze przygotowanie uczniów i studentów w tym zakresie (Wartman, Combs, 2018).

Komisja Europejska określiła zatem sztuczną inteligencję (AI) jako „najwybitniejszą i najbardziej strategiczną technologię XXI wieku” (European Commission, 2018). W związku z tym, zakłada się, że wiele przyszłych miejsc pracy będzie wymagało pracowników z doświadczeniem w zakresie sztucznej inteligencji. Jest to dobra motywacja, przede wszystkim dla uczniów szkół średnich, do myślenia o karierze w naukach ścisłych, technologii, inżynierii i matematyce, czyli tzw. karierach STEM (lub STEAM, z uwzględnieniem elementu sztuki, projektowania, designu). Niestety, brakuje profesjonalistów z wykształceniem STE(A)M i trudno jest obsadzić wiele nowych stanowisk. Ponadto sztuczna inteligencja to multidyscyplinarna dziedzina, w której osoby z doświadczeniem w karierze STE(A)M spotykają się z osobami z wykształceniem w zakresie nauk kognitywnych i społecznych, takich jak psychologia, językoznawstwo itp. Fakt ten jeszcze bardziej utrudnia znalezienie wykwalifikowanych specjalistów na wolne stanowiska. W związku z tym istnieje potrzeba promowania karier STE(A)M od najwcześniejszych poziomów edukacji (Alonso, 2020).

Skoro zatem sztuczna inteligencja (AI) stała się integralną częścią naszego codziennego życia i stanowi obecnie jedną z najbardziej wyjątkowych i strategicznych technologii, której znajomość już jest (a będzie jeszcze bardziej) potrzebna w wielu zawodach, należy

zastanowić się, jak włączyć ją w system edukacji. Konieczne jest, jak postuluje Komisja Europejska, przygotowanie się na zmiany społeczno-gospodarcze, wywołane przez sztuczną inteligencję, poprzez modernizację systemów kształcenia i szkolenia, wspieranie talentów, a także antycypowanie i wspieranie zmian na rynku pracy oraz przystosowanie systemów ochrony socjalnej (EC, 2018). Przedstawione poniżej w niniejszym dokumencie **wyniki i wnioski z realizacji pilotażu programu AI4Youth mogą zatem stanowić wkład w modernizację systemów kształcenia i szkolenia w Polsce** oraz przyczynić się do wyznaczenia drogi wspierania rozwoju umiejętności poznawczych uczniów i nauczycieli w zakresie nauczania AI w szkołach.

## Uzupełnienie katalogu kompetencji kluczowych (w tym cyfrowych) o aspekty związane ze sztuczną inteligencją oraz powiązanie jej z przygotowaniem do wymogów zmieniającego się rynku pracy

### 1.1. Akcentowanie w programach kształcenia kompetencji kluczowych, w szczególności cyfrowych i przedsiębiorczych

W 2006 roku kompetencjami kluczowymi zajął się Parlament i Rada Unii Europejskiej. W powstałym dokumencie „Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie” (2006/962/WE), zdefiniowano pojęcie kompetencji kluczowych, uznając za nie: „połączenie wiedzy, umiejętności i postaw odpowiednich do sytuacji” (Dz. Urz. Unii Europejskiej z dnia 30.12.2006 L 394/13). Podkreślono wtedy, że kompetencje kluczowe to te, których wszystkie osoby potrzebują do samorealizacji i rozwoju osobistego, bycia aktywnym obywatelem, integracji społecznej i zatrudnienia. Zarówno Zalecenia, jak i europejskie ramy odniesienia dla kompetencji kluczowych w uczeniu się przez całe życie zostały zaktualizowane w 2018 roku (Dz. Urz. Unii Europejskiej z dnia 4.06.2018). Po aktualizacjach, wyróżnić możemy następujące kompetencje kluczowe:

1. Kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji
2. Kompetencje językowe
3. Kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii
4. Kompetencje cyfrowe
5. Kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie uczenia się
6. Kompetencje obywatelskie
7. Kompetencje w zakresie przedsiębiorczości;
8. Kompetencje w zakresie świadomości i ekspresji kulturalnej.

Autorzy dokumentu zaznaczają przy tym, że „krytyczne myślenie, rozwiązywanie problemów, praca zespołowa, umiejętności komunikacyjne i negocjacyjne, umiejętności analityczne, kreatywność i umiejętności międzykulturowe są elementem wszystkich kompetencji kluczowych” (Dz. Urz. z 2018).

Proces rozwijania kompetencji kluczowych znajduje swoje odzwierciedlenie w rozporządzeniach MEN z dnia 11 sierpnia 2017 roku odnośnie wymagań wobec szkół i placówek. Zgodnie z nim, wszystkie zaplanowane i zorganizowane procesy edukacyjne mają sprzyjać uczeniu się i kształtowaniu u uczniów umiejętności uczenia się oraz nabywania wiadomości i umiejętności określonych w podstawie programowej poprzez zaangażowanie i podejmowanie różnych form aktywności. Rada Europy postrzega rozwijanie kompetencji kluczowych priorytetowo, ich realizacja jest monitorowana i oceniana.

## 1.2. Istnieje konieczność uzupełnienia katalogów (ram) kompetencyjnych o aspekty związane ze sztuczną inteligencją, także w ujęciu zapotrzebowania rynku pracy na specjalistów z zakresu STE(A)M i AI

W cyfrowym społeczeństwie i gospodarce, w którą jesteśmy zanurzeni, rośnie szczególnie zapotrzebowanie na rozwijanie jednej z wyróżnionych przez Unię Europejską kompetencji kluczowych – kompetencji cyfrowych.

Unia Europejska w 2013 r. dokonała definicji pojęcia „kompetencji cyfrowych” (DigComp) i włączyła je do swojego standardu ośmiu kompetencji kluczowych w zakresie uczenia się przez całe życie: „Kompetencje cyfrowe można szeroko zdefiniować jako pewne, krytyczne i kreatywne wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych, aby osiągnąć cele związane z pracą, szansami na zatrudnienie, nauką, wypoczynkiem, włączeniem i / lub uczestnictwem w społeczeństwie. Kompetencje cyfrowe to kompetencja przekrojowa, która umożliwia również zdobycie innych kompetencji kluczowych (np. język, matematyka, umiejętność uczenia się, świadomość kulturowa)” (Ferrari i in., 2014). Wspomniana definicja jest w raporcie, w którym znajdziemy także narzędzie do oceny (i samooceny) kompetencji w pięciu obszarach (wyszukiwanie informacji, ocena i zarządzanie; komunikacja; tworzenie treści; bezpieczeństwo w środowisku cyfrowym; i rozwiązywanie problemów) z trzema poziomami biegłości: A: poziom podstawowy; B: poziom średniozaawansowany; C: poziom zaawansowany (Ferrari i in., 2014). DigComp 2.0 i 2.1 to kolejne, uzupełnione i rozszerzone wersje ram kompetencji cyfrowych dla obywateli. Opierając się na modelu koncepcyjnym opublikowanym w DigComp, identyfikuje się kluczowe elementy kompetencji cyfrowych w 5 obszarach: 1) Umiejętność korzystania z informacji i danych: wyrażanie potrzeb informacyjnych, lokalizowanie i wyszukiwanie cyfrowych danych, informacji i treści; ocena trafności źródła i jego treści; przechowywanie, zarządzanie i organizowanie danych cyfrowych, informacji i treści; 2) Komunikacja i współpraca: interakcja, komunikacja i współpraca za pośrednictwem technologii cyfrowych, przy jednoczesnej świadomości różnorodności kulturowej i pokoleniowej; uczestnictwo w

społeczeństwie za pośrednictwem publicznych i prywatnych usług cyfrowych; zarządzanie cyfrową tożsamością i reputacją; 3) Tworzenie treści cyfrowych: tworzenie i edycja treści cyfrowych; poprawa i integracja informacji i treści z istniejącą wiedzą przy jednoczesnym zrozumieniu, w jaki sposób mają być stosowane prawa autorskie i licencje; umiejętność wydawania zrozumiałych instrukcji dla systemu komputerowego; 4) Bezpieczeństwo: ochrona urządzeń, treści, danych osobowych i prywatności w środowiskach cyfrowych; ochrona zdrowia fizycznego i psychicznego oraz świadomość technologii cyfrowych służących dobrobytowi społecznemu i integracji społecznej; świadomość wpływu technologii cyfrowych i ich wykorzystania na środowisko oraz 5) Rozwiązywanie problemów: identyfikowanie potrzeb i problemów oraz rozwiązywanie problemów koncepcyjnych i sytuacji problemowych w środowiskach cyfrowych, wykorzystywanie narzędzi cyfrowych do wprowadzania innowacji w procesach i produktach; świadomość ewolucji cyfrowej (Carretero, Vuorikari, Punie, 2017; Vuorikari, Punie, Carretero Gomez, van den Brande, 2016).

Nie wspomina się tu wprost o sztucznej inteligencji, choć wiele z opisanych kompetencji wiąże się z nią w sposób pośredni. Również Podstawa Programowa z 2017 roku dla przedmiotu Informatyka (Dz. U. 2017, poz. 356) nie zawiera żadnych elementów związanych ze sztuczną inteligencją.

Włączanie elementów AI mogłoby się odbywać nie tylko podczas lekcji informatyki, ale i podczas zajęć realizowanych zgodnie z modelem edukacyjnym *STE(A)M*. Edukacja *STE(A)M* ma na celu wyposażenie uczniów w wymagane współcześnie umiejętności (takie, jak krytyczne myślenie, umiejętność rozwiązywania problemów, umiejętności społeczne czy też bardziej technologiczne np. programowanie) oraz interdyscyplinarny punkt widzenia w odniesieniu do podejmowanych w szkole problemów, poprzez odejście od tradycyjnego systemu edukacji, który uczy dzieci poszczególnych dyscyplin nie tylko w oderwaniu od siebie, ale i niezgodnie z uczniowskimi oczekiwaniami oraz bez odniesienia do rzeczywistości (Iwanicka, 2020). W ramach modelu edukacji *STE(A)M* zajęcia są prowadzone w taki sposób, aby zintegrować powiązane ze sobą dyscypliny w jeden temat lub projekt bliski uczniom, odnoszący się do problemów, z którymi mogą spotkać się na co dzień. W ten sposób uczniowie mają szansę zmierzyć się z działaniem problemowym, wykorzystać swoją wiedzę teoretyczną i kreatywność do samodzielnego poszukiwania rozwiązania, a następnie wcielić w życie swoje innowacyjne pomysły (Aktürk i Demircan, 2017).

Ten nowoczesny, interdyscyplinarny trend ma za zadanie pomóc placówkom edukacyjnym dostosować się do wymogów współczesnego rynku pracy i przygotować uczniów do życia w cyfrowym społeczeństwie, poprzez wyposażenie ich w kluczowe kompetencje przyszłości: cyfrowo-technologiczne i społeczno-humanistyczne (Plebańska i Trojańska, 2018). To trend, który odpowiada na dynamicznie zmieniający się rynek pracy: zmiany społeczne, demograficzne, ekonomiczne oraz technologiczne sprawiają, że powstaje zapotrzebowanie na pracowników posiadających wysoko rozwinięte nie tylko kompetencje społeczne, ale i cyfrowe. Według Światowego Forum

Ekonomicznego, 65% współczesnych uczniów szkół podstawowych będzie pracowało w zawodach, które jeszcze nie istnieją. Profesje te koncentrują się wokół kilku obszarów, z których jednym z najszybciej rozwijających się, są nowe technologie, programowanie, kodowanie czy robotyka. Procesu tego nie wyhamowała nawet pandemia - wręcz przeciwnie – przyspieszone tempo cyfryzacji otworzyło nowe możliwości, dało nowe miejsca pracy, zainauguowało wiele projektów choćby właśnie w zakresie AI (World Economic Forum, maj 2022). Jednym z największych odczuwalnych problemów jest obecnie brak wykwalifikowanej w tym obszarze kadry: inżynierowie, programiści, projektanci, menadżerowie projektu – to tylko niektóre z zawodów, na które jest olbrzymie zapotrzebowanie. Propagowanie modelu edukacyjnego *STE(A)M* może zainspirować młodych ludzi do rozwijania swoich karier w tym kierunku. Warto pamiętać, że do pracy w sektorze AI potrzebne są też osoby z rozwiniętymi kompetencjami miękkimi, które będą zajmowały się: np. zapewnianiem odpowiednich standardów etycznych wdrażania projektów AI czy poszanowaniem praw użytkownika (World Economic Forum, marzec 2022).

Należy zatem zaakcentować **konieczność uzupełnienia powyższych katalogów (ram kompetencyjnych) o aspekty związane ze sztuczną inteligencją, także w ujęciu zapotrzebowania rynków na specjalistów z zakresu STE(A)M i AI.**

Istnieje społeczna potrzeba włączenia elementów AI do podstawy programowej i programów kształcenia na poziomie szkoły podstawowej i ponadpodstawowej

Analiza podstawy programowej kształcenia ogólnego (Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. Dz.U. 2017 poz. 356., 2017) w zakresie edukacji informatycznej pokazuje, że nie zawiera ona bezpośrednich odniesień do sztucznej inteligencji, ani też na ten temat nie wzmiankuje. Podobnie jest w przypadku programów nauczania informatyki i przedmiotów pokrewnych różnych wydawnictw (Nowa Era, WSiP, Migra etc.), które powstały w oparciu o podstawę programową. Owszem, w 2017 roku nastąpiła dość radykalna zmiana programowa w zakresie edukacji informatycznej, polegająca przede wszystkim na przeakcentowaniu treści, metod i form kształcenia z podejścia biernego odbioru (uczeń jako osoba korzystająca z technologii) na rzecz aktywnego tworzenia i uruchomienia tzw. myślenia komputacyjnego. Uzupełniono podstawy programowe i programy nauczania o elementy programowania i robotyki – na poziomie szkoły podstawowej z wykorzystaniem wizualnego języka programowania (np. Scratch), a na poziomie szkoły ponadpodstawowej (liceum, technikum) mowa jest o „wybranym języku programowania”, który w praktyce oznacza stosowanie języka C++ lub/i Pythona. Walorem zmienionej w 2017 roku podstawy



programowej jest zwracanie uwagi na rozwijanie umiejętności rozwiązywania problemów i myślenie algorytmiczne, a także na rozwijanie kompetencji społecznych przy okazji pracy projektowej w klasie.

## 2.1. Dostosowanie treści kształcenia informatycznego do potrzeb rynku pracy

Odnosi się cały czas wrażenie, że podstawa programowa w zakresie edukacji informatycznej i informatyki nie zwraca uwagi na powiązanie międzyprzedmiotowe w projektach wykorzystujących media cyfrowe. Nie zagospodarowuje się też rozwiązań informatycznych do rozwijania kompetencji przedsiębiorczych uczniów. Nie ma też mowy o współpracy z interesariuszami zewnętrznymi, typu firmy informatyczne, medyczne, biotechnologiczne, samochodowe czy inne, wykorzystujące na szeroką skalę rozwiązania technologiczne i sztuczną inteligencję. Uczeń może mieć zatem poczucie, że uczy się programowania, ale nie wie, w jakim celu i w czym może mu to pomóc w przyszłości.

W programach nauczania nadal króluje język C++, który owszem, wciąż jest wykorzystywany w wielu sektorach, ale coraz rzadziej na rynku pracy poszukuje się specjalistów z jego stosowania. Python jest językiem dla uczniów łatwiejszym, a ponadto szeroko stosowanym w rozwiązaniach takich potentatów, jak chociażby Google, Netflix, YouTube, NASA etc. Python przydatny jest też w uczeniu maszynowym i innych aspektach sztucznej inteligencji. Problemem jest jednak przygotowanie nauczycieli w tym zakresie, o której to kwestii napiszemy w dalszej części dokumentu.

## 2.2. Zwiększenie elastyczności programów nauczania w zakresie integracji treści międzyprzedmiotowych (STE(A)M)

Ważniejsza jednak od dyskusji nad zasadnością stosowania takiego, a nie innego języka programowania i włączania go do procesu nauczania-uczenia się, jest kwestia zupełnie inna – edukacja informatyczna i informatyka powinny, zgodnie z ideą nauczania STE(A)M, pełnić funkcję służebną w sytuacji rozwiązywania problemów o charakterze ważnym społecznie (lub ekonomicznie). Takim ważnym społecznie problemem do rozwiązania, który jest dostrzegany i rozumiany zarówno przez małe dzieci, jak i młodzież może być na przykład pomaganie lekarzom w diagnozowaniu i leczeniu naszych chorób. Dzieci wiedzą też np., że wkrótce normalnym zjawiskiem w systemach nauki maszynowej będzie prowadzenie samochodów. To jest interesujące dla uczniów w każdym wieku, a poza tym rozwiązywanie tego typu problemów pozwala ujawniać talenty z różnych dziedzin, nie tylko informatycznej. Przykładem rozwijania rozumienia uczenia maszynowego u dzieci mogą być aplikacje online, typu sztuczna inteligencja dla dzieci (<https://machinelearningforkids.co.uk/>).

## Uzupełnienie standardów kształcenia nauczycieli informatyki o aspekty STE(A)M i AI oraz uzupełnienie programów kształcenia nauczycieli o dydaktykę STE(A)M i sztucznej inteligencji

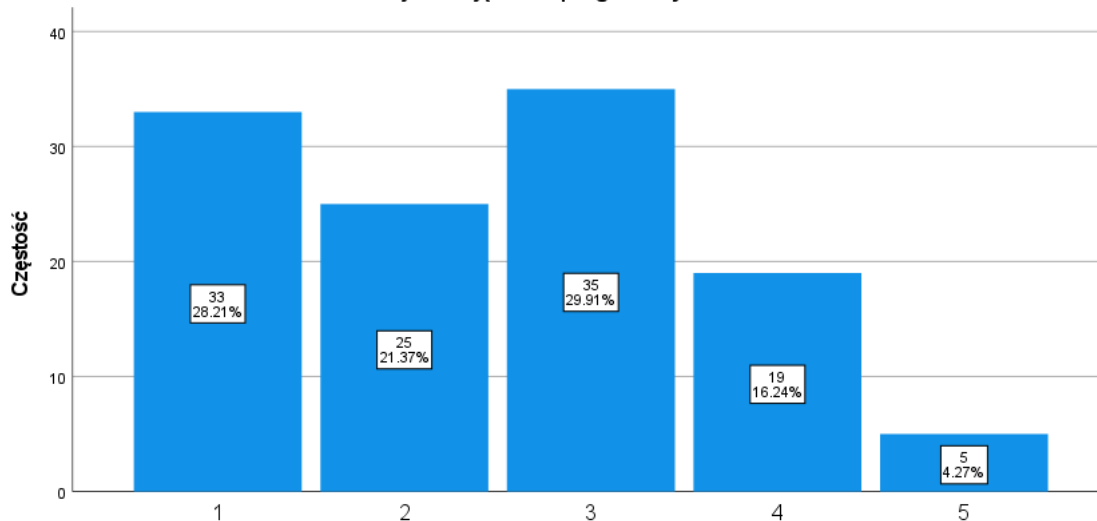
Ogromnym wyzwaniem jest przygotowanie nauczycieli gotowych prowadzić zajęcia z zakresu, czy zawierających elementy, sztucznej inteligencji w duchu idei STE(A)M. Wielu nauczycieli edukacji informatycznej i informatyki w szkołach polskich to nauczyciele, którzy zdobyli przygotowanie nauczycielskie przed pojawieniem się na masową skalę rozwiązań technologicznych bazujących na uczeniu maszynowym i którzy zapoznali się ze składnią języków programowania obecnie niestosowanych lub takich, które są dla uczniów trudne i niepozwalające na rozwiązywanie odkrytych przez nich problemów. Oczywiście, mnóstwo takich nauczycieli podnosi nieustannie swoje kompetencje, ale nie dla wszystkich jest to możliwe (choćby ze względu na brak dostępu do dużych ośrodków miejskich czy możliwość podjęcia współpracy z firmami/biznesem). W szkołach często pracują też nauczyciele, którzy przygotowali się do prowadzenia zajęć informatycznych na studiach podyplomowych kwalifikacyjnych, które ze względu na ograniczenia czasowe i organizacyjne, nie są w stanie uzupełnić poziomu wykształcenia zbliżonego do studiów inżynierskich czy magisterskich. Jeszcze inną kwestią jest fakt, że uczelnie wyższe, przygotowujące do pracy nauczycieli informatyki, rzadko współpracują z naukowcami z dziedzin społecznych, humanistycznych czy artystycznych i nie wdrażają podejścia STE(A)M. To wszystko skutkuje tym, że nauczyciele nie czują się dobrze przygotowani do prowadzenia innowacyjnych zajęć z uczniami.

### 3.1. Istnieje konieczność bieżącego monitorowania potrzeb edukacyjnych nauczycieli i oferowania systemowego wsparcia grupowego oraz zindywidualizowanego

Przed rozpoczęciem projektu AI4Youth zapytaliśmy nauczycieli o to, jak oceniają swoją znajomość kwestii programistycznych i w zakresie sztucznej inteligencji. W badaniu wzięło udział 117 osób (37 kobiet, 80 mężczyzn).

Z badań wynika, że nauczyciele, którzy przystąpili do szkoleń oceniali swoje umiejętności programistyczne na niskim lub średnim poziomie (średnia wyniosła 2,47,  $M=3$ ; przy skali od 1 do 5).

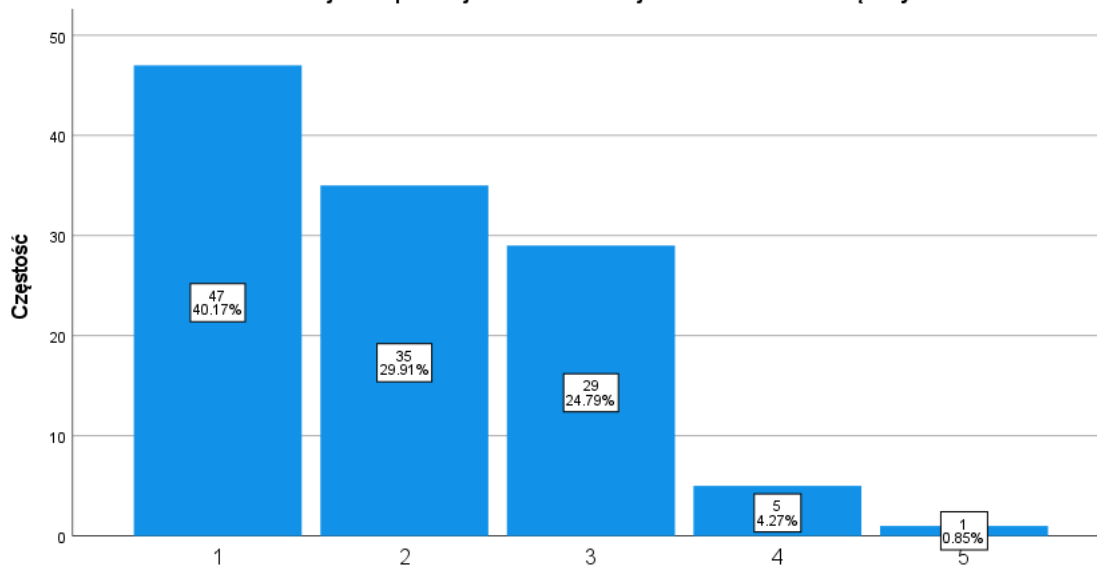
Czy miał/a Pan/i jakieś wcześniejsze doświadczenia z programowaniem np. w Pythonie? Jak ocenia Pan/i swoje umiejętności programistyczne?



Czy miał/a Pan/i jakieś wcześniejsze doświadczenia z programowaniem np. w Pythonie? Jak ocenia Pan/i swoje umiejętności programistyczne?

Jeszcze niżej nauczyciele ocenili swoją znajomość tematów związanych ze sztuczną inteligencją - średnia ocen wyniosła 1,96 (M=2; przy skali 1-5).

Jak ocenia Pan/i swoje kompetencje w zakresie znajomości tematów związanych z AI?



Jak ocenia Pan/i swoje kompetencje w zakresie znajomości tematów związanych z AI?

Zarówno jeśli chodzi o kwestie programistyczne, jak i znajomość tematyki AI nie zaobserwowano istotnie statystycznych różnic między kobietami a mężczyznami ani też wynikającymi ze stażu pracy czy stopnia awansu zawodowego nauczyciela. **Oznacza to, że wszyscy nauczyciele, bez względu na wiek czy staż pracy, potrzebują szkoleń i wsparcia w zakresie wdrażania STEAM i AI.**

Po zakończeniu szkolenia poprosiliśmy nauczycieli o ponowne dokonanie samooceny posiadanych kompetencji (AI i programowanie). Zaobserwowaliśmy przyrost wartości

obu zmiennych. Respondenci ocenili swoje umiejętności programistyczne generalnie głównie na średnim poziomie (średnia wyniosła 2,94,  $M=3$ ; przy skali od 1 do 5) i podobnie znajomość tematów związanych ze sztuczną inteligencją (średnia ocen wyniosła 3,  $M=3$ ; przy skali 1-5). Nastąpił zatem wzrost wartości ocen, szczególnie zauważalny w zakresie znajomości kwestii AI (wzrost średniej ocen z 1,96,  $M=2$ , do 3,  $M=3$ ). Różnice w wynikach wynikają prawdopodobnie z faktu, że nauczyciele przed rozpoczęciem szkolenia prezentowali bardzo zróżnicowany poziom umiejętności programistycznych (głównie na poziomie średnim) i ich szkolenie musiałyby być bardziej zindywidualizowane. Przy niżej globalnie ocenianej początkowo znajomości tematów z zakresu AI, progres był łatwiejszy do osiągnięcia. Różnice wynikają też z różnego stopnia skomplikowania obu tych aspektów. Rozwijanie umiejętności programistycznych jest trudniejsze i wymaga większego zaangażowania czasowego osób uczących się. Jest to ważny wniosek i wskazówka dla osób projektujących rozkłady zajęć na studiach nauczycielskich.

Podobnych wniosków dostarczyło nam badanie ewaluacyjne, przeprowadzone pod koniec projektu. Nauczyciele w zdecydowanym stopniu zadeklarowali, że wiedzą, czym jest sztuczna inteligencja (w skali 1 do 5 ocenę „4” dało 29,91%, a „5” aż 69,16% respondentów). Nauczyciele zadeklarowali także, że potrafią wymienić obszary sztucznej inteligencji („4” – 30,64%, „5” – 65,4%), znają przykłady zastosowania sztucznej inteligencji („4” – 26,1%, a „5” – 71,96%), rozumieją, dlaczego ważne są aspekty etyczne („4” - 25,23%, „5” – 72,9%) oraz na czym polega cykl AI („4” – 42,99%, „5” – 48,6%). Potrafią także wskazać minimum jeden problem społeczny, który można rozwiązać za pomocą sztucznej inteligencji („4” – 23,39%, „5” – 69,16%). A zatem program szkolenia został przygotowany i był prowadzony w sposób efektywny, spełniając oczekiwania poznawcze i zawodowe nauczycieli. Warto tu podkreślić, że nauczyciele, według ich deklaracji, rozpoczęli udział w projekcie z nadzieją na poszerzenie wiedzy z zakresu informatyki, poszerzenie kompetencji zawodowych, ale też po to, by zainteresować uczniów tematyką sztucznej inteligencji.

Nie bez znaczenia jest też (w pracy z osobami dorosłymi, którzy w dodatku mają dalej szkolić innych) bieżące wsparcie koordynatorów i tutorów.

### 3.2. Konieczne jest wdrożenie działań promujących poszerzenie kompetencji zawodowych nauczycieli różnych przedmiotów w obszarze rozwoju umiejętności cyfrowych, w tym z zakresu AI

Zestawiając nasze doświadczenia projektowe z badaniami światowymi i postulatami Komisji Europejskiej, możemy jednoznacznie stwierdzić, że konieczne jest wdrożenie działań promujących poszerzenie kompetencji zawodowych w obszarze rozwoju kompetencji cyfrowych, obejmujących nie tylko kwestie techniczne (operacyjne), ale też szereg innych, które zostały przedstawione m.in. w europejskich ramach kompetencji cyfrowych dla nauczycieli (DigCompEdu). DigCompEdu jest skierowany do nauczycieli na wszystkich poziomach edukacji, od wczesnego dzieciństwa po szkolnictwo wyższe i

kształcenie dorosłych, w tym kształcenie ogólne i zawodowe, edukację specjalną i edukację pozaformalną. DigCompEdu szczegółowo opisuje 22 kompetencje zorganizowane w sześciu obszarach. Nie są one nastawione na rozwój umiejętności technicznych, ale mają na celu określenie, w jaki sposób technologie cyfrowe można wykorzystać do ulepszania i wprowadzania innowacji w edukacji, uwzględniając zarówno kompetencje zawodowe (profesjonalne) nauczycieli, jak i kompetencje pedagogiczne, a także kompetencje rozwijane u uczniów. Są to następujące obszary: 1) skoncentrowany na środowisku zawodowym; 2) związany z pozyskiwaniem, tworzeniem i udostępnianiem zasobów cyfrowych; 3) dotyczący zarządzania i koordynacji wykorzystania narzędzi cyfrowych w nauczaniu i uczeniu się; 4) dotyczący narzędzi i strategii cyfrowych służących poprawie oceny; 5) wykorzystywania narzędzi cyfrowych do wzmacniania pozycji uczniów oraz 6) w usprawnianiu kompetencji cyfrowych uczniów (Redecker, 2017; Walter, Pyżalski, 2021).

W szkoleniach AI4Youth, jak wynika z badania ewaluacyjnego, wzięli udział przede wszystkim nauczyciele informatyki (68,2%) oraz przedmiotów zawodowych (59,7%). Tu tylko dodamy, że często nauczyciele informatyki byli jednocześnie nauczycielami przedmiotów zawodowych. W projekcie wzięli też udział nauczyciele przedmiotów ścisłych (18,7%) oraz, w dużo mniejszym stopniu, humanistycznych (4,5%). Tylko jeden nauczyciel reprezentował przedmioty przyrodnicze. Warto na to zwrócić szczególną uwagę – w podejściu STE(A)M kładzie się ogromny nacisk na interdyscyplinarność. Konieczne zatem są działania promocyjne oraz szkolenia dla nauczycieli przedmiotów pozainformatycznych, by STE(A)M w ogóle mógł zacząć być wdrażany w szkołach.

## Rekomendowane formy, metody i narzędzia wspierające proces nauczania-uczenia się przy udziale AI

### 4.1. Konieczne jest wykorzystywanie działań projektowych i aktywizujących uczniów

Jednym z sugerowanych modeli edukacyjnych sprzyjających nabywaniu i rozwijaniu kompetencji w obszarze AI, jest opisany już wcześniej STE(A)M. Podejście to, ale też inne aktywizujące metody kształcenia, historycznie wiążą się z postacią Johna Dewey, który był zwolennikiem tego, aby pozwolić uczniom pytać i poszukiwać odpowiedzi, zgodnie z ich naturalną dziecięcą ciekawością (Dewey, 1988). Tymczasem współczesna szkoła w dużej mierze jest odpowiedzialna za to, że uczniowie nie tylko porzucają odkrywanie świata przez bezpośrednie doświadczanie go, ale i boją się pytać myśląc, że będzie to wskazywało na ich brak zrozumienia tematu, nie na ciekawość poznawczą. *STE(A)M* ma przywrócić nie tylko tę właśnie uczniowską ciekawość, ale i sprawić, że wiedza, która do tej pory przekazywana była dzieciom w ramach poszczególnych

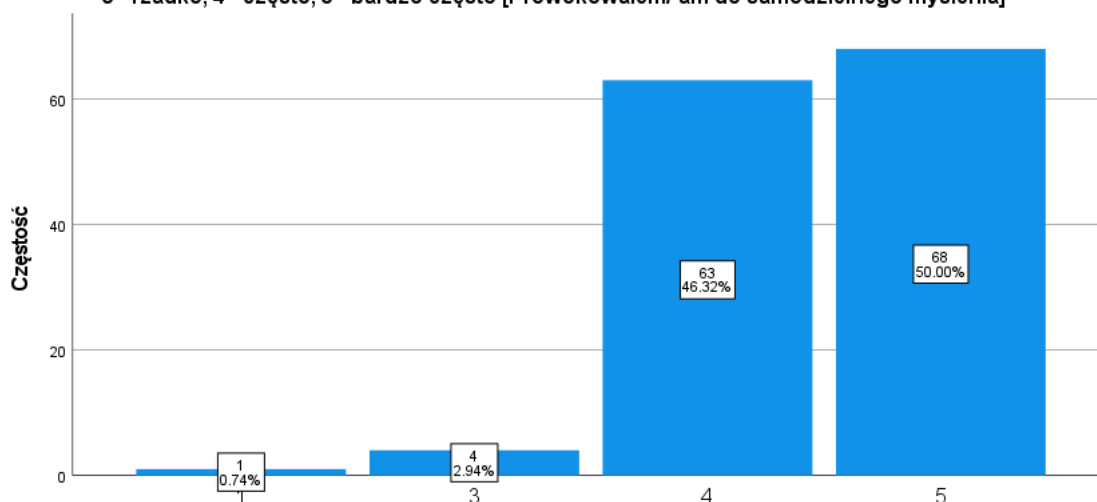
przedmiotów połączy się, tak jak łączy się i przenika w prawdziwym świecie i życiu (Iwanicka, 2020). Dzieje się tak w dużej mierze za sprawą pracy metodami opartymi o nauczanie problemowe, metodami projektowymi i aktywizującymi, które są charakterystyczne dla pracy w modelu edukacji *STE(A)M*. W modelu tym, uczeń zostaje postawiony przed problemem, który musi rozwiązać na drodze współpracy, dzięki kreatywności, twórczemu myśleniu, nieszablonowemu działaniu i wreszcie – znalezieniu sposobów wdrożenia danego rozwiązania w prawdziwym życiu. Za pomocą prób i błędów uczy się nie tylko konsekwencji, ale i dochodzenia do celu małymi krokami. Lekcje *STE(A)M* przebiegają zgodnie z wytyczonymi etapami: 1) Analiza problemu; 2) Powołanie zespołu projektowego; 3) Wybór sposobu realizacji projektu; 4) Praca przy projekcie – eksperymentowanie; 5) Konstruowanie i testowanie prototypu; 7) Modyfikacja projektu.

*STE(A)M* pozwala nauczycielowi dostosować metody edukacyjne do treści projektu tak, aby uczniowie doszli do rozwiązania problemu różnymi drogami, najbardziej efektywnymi dla danego tematu.

W projekcie AI for Youth nauczyciele pracowali w sposób pozostawiający uczniom dużą swobodę niż podczas tradycyjnych lekcji i osiągając podobny, jak w modelu *STE(A)M*, efekt.

W czasie prowadzonych przez siebie zajęć nauczyciele relatywnie często inicjowali pracę w grupach (47,06%). Nie była ona jednak preferowana przez wszystkich: bardzo często korzystało z niej zaledwie 19,12% badanych nauczycieli, częściej wskazywaną odpowiedzią było: rzadko korzystam z takiej formy (25,74%). Podobnie na to samo pytanie odpowiedzieli uczniowie: według 17% ankietowanych taka forma pracy miała miejsce bardzo często, 25% odpowiedziało „często”, 20% rzadko, 10% badanych uczniów deklaroowało, że nigdy w ten sposób nie pracowano podczas trwania projektu.

Oceń, w jakim stopniu zgadzasz się z następującymi stwierdzeniami w skali, gdzie 1 - nigdy, 2 - bardzo rzadko, 3 - rzadko, 4 - często, 5 - bardzo często [Prowokowałem/am do samodzielnego myślenia]



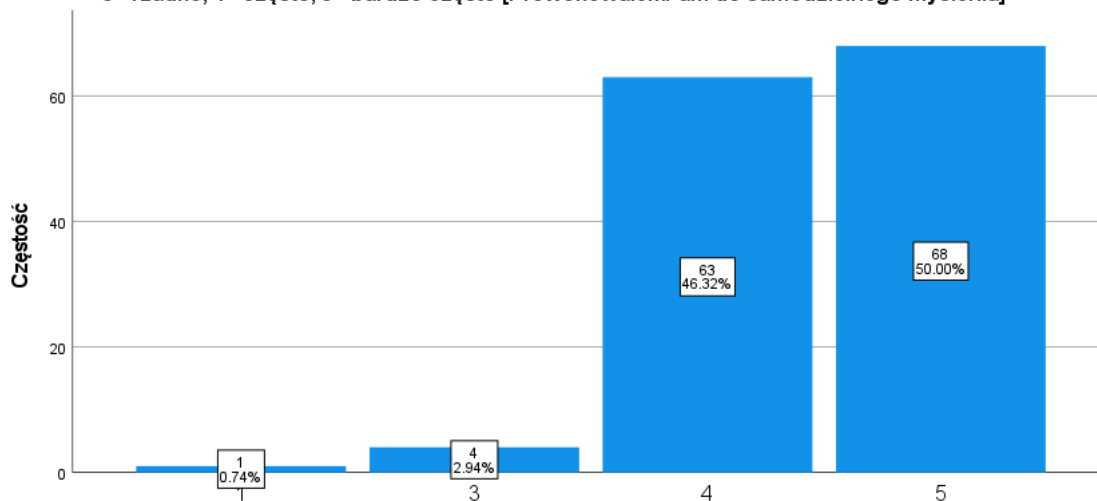
Oceń, w jakim stopniu zgadzasz się z następującymi stwierdzeniami w skali, gdzie 1 - nigdy, 2 - bardzo rzadko, 3 - rzadko, 4 - często, 5 - bardzo często [Prowokowałem/am do samodzielnego myślenia]

Nauczyciele pracujący w projekcie zachęcali jednak młodzież bardzo często do dyskusji związanych z AI. Odpowiedzi „bardzo często” udzieliła niemal połowa pytaných nauczycieli (49,26%), odpowiedzi „często” – 42,65%.

Podobną zbieżność można zauważyć w odpowiedziach uczniów: 44% odpowiedziało, że byli bardzo często zachęcani do dyskusji, 25% odpowiedziało, że działo się to często. Podczas trwania projektu nauczyciele dbali o dostarczanie kursantom dodatkowych materiałów tematycznych, aby jeszcze bardziej rozbudzić ich zainteresowania tematyką AI. W trakcie szkolenia przygotowującego do prowadzenia zajęć projektowych nauczyciele otrzymali filmy tematyczne i niemal wszyscy wyświetlali je później uczestnikom szkolenia (44,85% robiło to bardzo często; 43,38% robiło to często). Potwierdzają to w swoich odpowiedziach uczniowie: aż 44,9% z nich uważa, że nauczyciele robili to bardzo często. Niewielką rozbieżność można zauważyć przy odpowiedzi “często” - taka odpowiedź zadeklarowało bowiem tylko 23,7% pytaných uczniów. Podczas trwania kursu nauczyciele zachęcali też do samodzielnego wyszukiwania niektórych informacji w internecie. Według uczniów bardzo często robiło tak 32,9% nauczycieli, często 30%, rzadko z taką propozycją wychodziło 13,4% nauczycieli.

Aż 40,4% nauczycieli bardzo często wprowadzało uczniom podstawy Pythona, dzięki czemu uczniowie mogli programować na lekcji. Zgodnie z deklaracjami nauczycieli, często Pythona wprowadziło ponad 30% z nich, rzadko: niewiele ponad 16%. Zbieżne są tutaj odpowiedzi uczniów, którzy deklarują, że 34% z nich miało wprowadzanego Pythona bardzo często; 22,3% często, 15,5% rzadko.

Oceń, w jakim stopniu zgadzasz się z następującymi stwierdzeniami w skali, gdzie 1 - nigdy, 2 - bardzo rzadko, 3 - rzadko, 4 - często, 5 - bardzo często [Prowokowałem/am do samodzielnego myślenia]



Oceń, w jakim stopniu zgadzasz się z następującymi stwierdzeniami w skali, gdzie 1 - nigdy, 2 - bardzo rzadko, 3 - rzadko, 4 - często, 5 - bardzo często [Prowokowałem/am do samodzielnego myślenia]

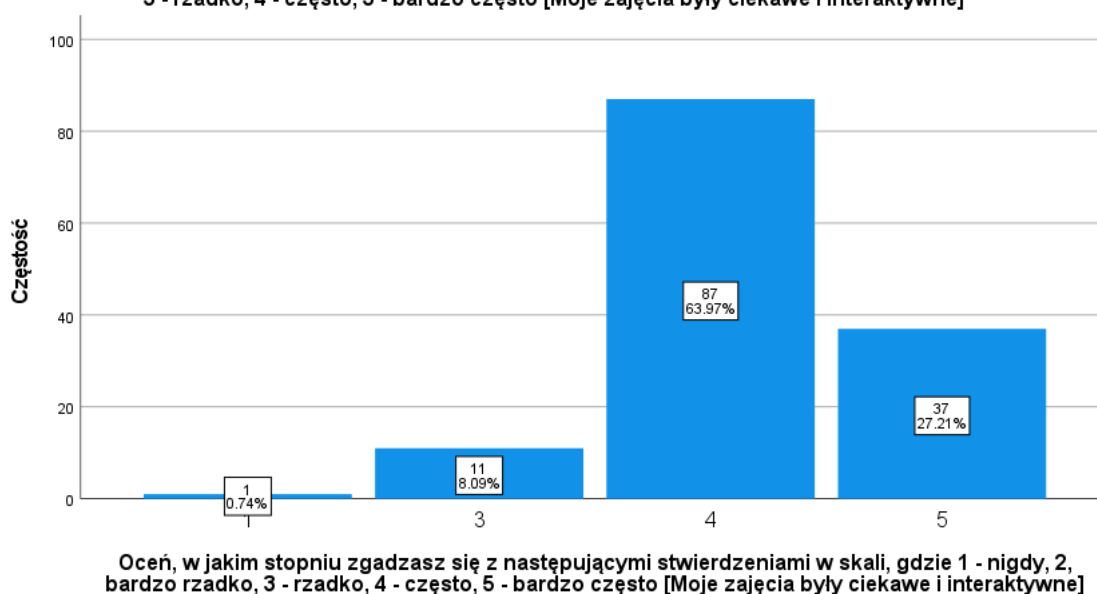
Nauczyciele starali się też wychodzić poza szablonowe myślenie i swoimi działaniami prowokowali uczniów do samodzielnego myślenia. Aż połowa nauczycieli deklaruje, że

robiła to bardzo często (50%) podczas trwania kursu, nieco mniej (46,32%) nauczycieli do takiego myślenia zachęcało często.

Zbieżne są tu deklaracje uczniów: 46,6% uznało, że nauczyciele bardzo często prowokowali ich do samodzielnego myślenia. Ale już tylko według 37% nauczyciele robili to często, według 11,5% rzadko, według 2,3% bardzo rzadko, a według 2,7% – nigdy.

Zaskakująca – w zestawieniu z odpowiedziami uczniów – jest samoocena nauczycieli. Niespełna 30% z nich uważa, że ich zajęcia bardzo często były prowadzone ciekawie i interaktywnie. Nieco lepiej oceniają ich uczniowie (odpowiedzi “bardzo często” zaznaczyło 40% uczniów). Ponad 63% ankietowanych nauczycieli uważa jednak, że ich zajęcia, ciekawie i interaktywnie były prowadzone często, podczas gdy takiego zdania jest zaledwie 37% uczniów.

Oceń, w jakim stopniu zgadzasz się z następującymi stwierdzeniami w skali, gdzie 1 - nigdy, 2 - bardzo rzadko, 3 - rzadko, 4 - często, 5 - bardzo często [Moje zajęcia były ciekawe i interaktywne]



#### 4.2. Edukacja zdalna i hybrydowa (elastyczna) powinny stać się stałą formą organizacji zajęć, uzupełniającą stacjonarne kształcenie uczniów i nauczycieli

Z uwagi na pandemię Covid-19 konieczne w projekcie było realizowanie części zajęć z nauczycielami i uczniami w formie zdalnej (39,35% nauczycieli prowadziło zajęcia zdalne) i hybrydowej (33,55% nauczycieli). Skuteczność tych różnych form była zbliżona, nie zaobserwowano też istotnych statystycznie różnic w postrzeganiu zajęć i rozumieniu tematyki przez uczniów. Edukacja zdalna powinna zatem na stałe wpisywać się w pracę z nauczycielami i uczniami. E-learning to nie tylko uczenie się elektroniczne, ale raczej integralna część procesu nauczania-uczenia się wykorzystująca technologie informacyjno-komunikacyjne, wspierająca organizowanie tego procesu i uelastycznianie go.



Zmiany w szkolnictwie, o których mówi się od kilkunastu lat, a w szczególności w dobie pandemii, dotyczą między innymi kompleksowej zmiany w zakresie pojmowania edukacji stacjonarnej, jak i nowych (czy w nowy sposób postrzeganych) metod kształcenia. Zmiany, o których mowa obejmują uczenie kompleksowe się, elastyczne i dualne. Uczenie kompleksowe dotyczy nowych rodzajów umiejętności, tzw. umiejętności XXI wieku, niezbędnych w społeczeństwie jutra. Kluczową koncepcją w uczeniu się jest kompleksowe łączenie wiedzy, umiejętności i postaw oraz swobodne i elastyczne przenikanie się ich oraz nabywanie nowych, niezbędnych na różnych etapach edukacji czy potem – pracy zawodowej. Metody nauczania obecnie stosowane w celu rozwijania wszystkich tych elementów i płynnego ich przenikania to metody oparte o nauczanie problemowe, analizę przypadków i sytuacji, metodę projektów (w tym Design Thinking) czy nauczanie zorientowane na rozwijanie kompetencji (również cyfrowych czy w zakresie przedsiębiorczości). Kładzie się nacisk nie na samo prezentowanie wiedzy, ale też na aspekty praktyczne oraz testowanie. Jeśli chodzi o uczenie elastyczne, zwraca się uwagę z jednej strony na niestacjonarne formy nauczania (niezależność od czasu i miejsca), z drugiej – na indywidualizację procesu kształcenia i nauczanie zorientowane na uczniu (dostosowane do jego potrzeb, możliwości i oczekiwań). Uczniowie dorośli poszukują takich możliwości edukacyjnych, które będą korelowały z ich równoczesną pracą, zarówno jeśli chodzi o aspekt czasowo-przestrzenny, jak i dostosowanie do potrzeb rynku pracy, a nawet konkretnego stanowiska. Edukacja kompleksowa i elastyczna spotykają się w obszarze tzw. koncepcji dualnej, łączącej edukację szkolną i akademicką z nabywaniem praktycznych umiejętności profesjonalnych, czyli płynnym przechodzeniem od studiów do miejsca pracy (Jochems i in., 2004; Walter, 2013).

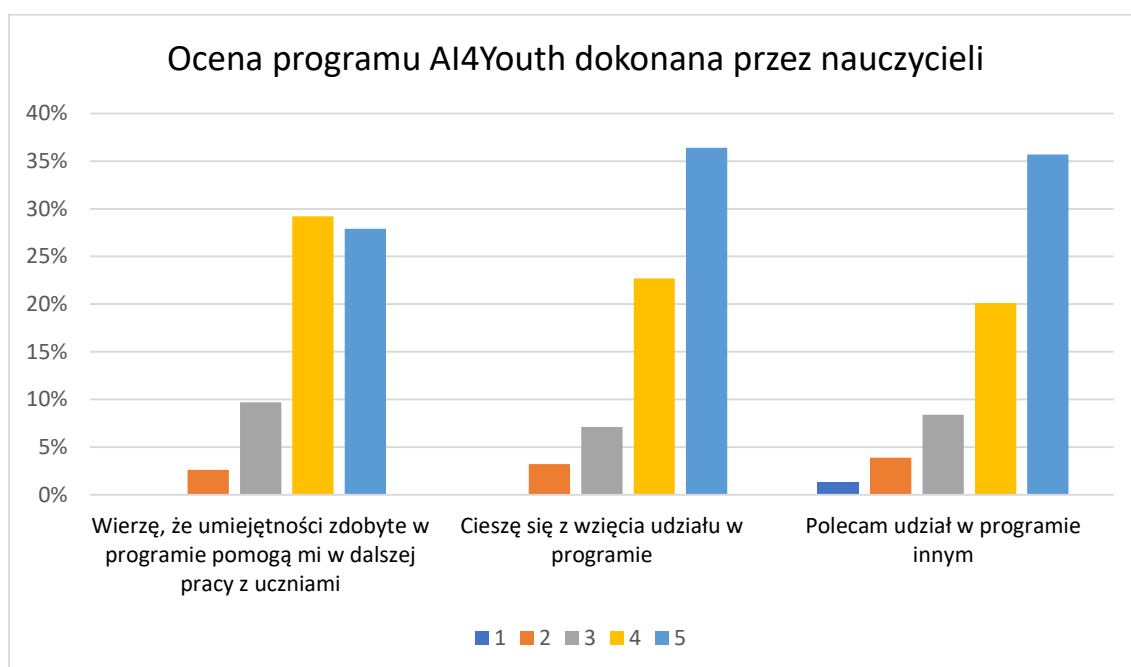
## Wdrażanie projektów AI

Praktyka pokazuje, że szkoły skupiają się w dużej mierze na rozwijaniu u uczniów wiedzy i kompetencji przedmiotowych. Faktyczne wprowadzenie opisanych w poniższym dokumencie postulatów do codzienności szkolnej wymaga zmian nie tylko w podstawie programowej, ale i zgoła innego podejścia do podnoszenia kompetencji uczniów zakresie AI. Nie uda się to bez wsparcia przez dyrektorów i organy prowadzące samego procesu wprowadzania zmian w szkole. Nie będzie to miało miejsca także bez udzielenia szkołom zewnętrznej pomocy w postaci **szkoleń i kompleksowych programów wspierających rozwijanie kompetencji w zakresie AI** wśród nauczycieli. Takie programy mogą być prowadzone zarówno przez zewnętrznych partnerów szkoły, jak i przez placówki doskonalenia nauczycieli.

### 5.1. Należy zapewnić wsparcie merytoryczne (np. poprzez szkolenia i/lub konsultacje) nauczycielom pragnącym wdrażać elementy AI w pracy z uczniami

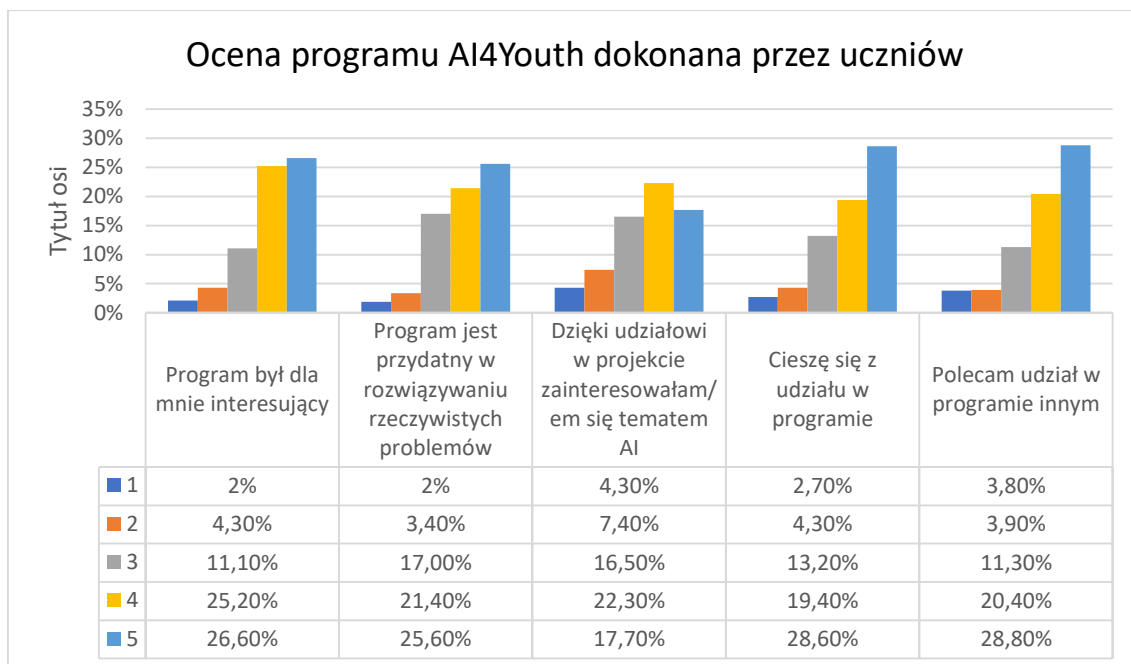
Należy zwrócić uwagę, że z badań ewaluacyjnych wynika, że nauczyciele są otwarci na możliwość brania udziału w programach typu AI for Youth i możliwość rozwoju swoich umiejętności związanych z AI.

Prawie 60% osób biorących udział w szkoleniu twierdzi, że umiejętności zdobyte podczas programu pomogą im w dalszej pracy z uczniami (ocena „4” – 29,2%, ocena „5” – 27,9%). Prawie tyle samo (ocena „4” – 22,7%, ocena „5” – 36,4%) respondentów wyraziło radość z możliwości wzięcia udziału w szkoleniu. Nauczyciele nie tylko oceniali szkolenie pod kątem własnych potrzeb, ale także potencjalnych korzyści, które zyskać mogą inni nauczyciele i uczniowie. Udział w takim szkoleniu polecałoby ponad 55% respondentów (ocena „4” - 20,1%, ocena „5” - 35,7%).



### 5.2. Działania wspierające rozwój uczniowskich zainteresowań w obszarze AI

Podobną otwartość prezentowali uczniowie, biorący udział w programie AI4Youth. Za interesujący uznało go ponad 50% uczniów (ocena „4” – 25,2%, „5” – 26,6%). Ponadto uczniowie uznali program za przydatny w rozwiązywaniu rzeczywistych problemów – aż 46% badanych wyraziło takie przekonanie. 40% uczniów dzięki udziałowi w programie zainteresowało się sztuczną inteligencją i aż 49% cieszyło się, że wzięło w nim udział. Prawie 50% poleciłoby udział w programie kolegom i koleżankom.



Tak wysokie oceny ze strony nauczycieli i uczniów pokazują **ogromną potrzebę organizowania interaktywnych i powiązanych z rynkiem pracy programów dotyczących sztucznej inteligencji**. Jest to jasna wskazówka zarówno dla dyrektorów czy organów prowadzących, ale też twórców podstaw programowych.

### 5.3. Zapewnienie warunków do prowadzenia interdyscyplinarnych projektów w obszarze AI

Zadaniem szkoły powinno być zapewnienie warunków do tego, by mogły być realizowane zajęcia interdyscyplinarne, w obszarach STE(A)M, z wykorzystaniem technologii sztucznej inteligencji. Służyć temu mogą, na przykład, wybrane sale dydaktyczne lub przestrzenie wspólne, czy też dedykowane laboratoria międzyprzedmiotowe. Pracownie projektowe powinny sprzyjać pracy grupowej/zespołowej i umożliwiać prowadzenie działań łączących różne obszary – przyrodnicze, społeczne, humanistyczne, ścisłe i informatyczne/inżynierskie. Sztuczna inteligencja służy rozwiązywaniu realnych problemów społecznych. By takowe odkryć, konieczna jest współpraca międzyprzedmiotowa i problemowe formy prowadzenia zajęć.

## Wskazana jest kooperacja wewnątrzrodowiskowa i z interesariuszami zewnętrznymi

W założeniu projektu znalazło się, oprócz aspektów związanych ze sztuczną inteligencją, rozwijanie postaw przedsiębiorczych wśród młodzieży, rozumianych między innymi jako twórczość, innowacyjność i podejmowanie ryzyka, a także zdolność do planowania

przedsięwzięć i kierowania nimi dla osiągnięcia zamierzonych celów. Program AI4Youth miał być zatem inspiracją do działania, a także zachęcać do podejmowania decyzji, np. o rozpoczęciu działalności startupowej. W tym celu zajęcia dla nauczycieli prowadzili m. in. informatycy, którzy na co dzień pracują w instytucjach zajmujących się praktycznym zastosowaniem technologii informatycznych. Jeśli chodzi o uczniów, niezwykle istotnym elementem projektu była część konkursowa: Uczniowie w zespołach 1-3 osobowych tworzyli własne projekty konkursowe, wykorzystujące algorytmy AI do rozwiązywania problemów społecznych na poziomie lokalnym lub globalnym. Wybrany przez uczniów problem był zgodny z tematyką i ideą Celów Zrównoważonego Rozwoju (ang. Sustainable Development Goals). Celem konkursu było m.in.: promowanie nauki programowania oraz wiedzy o sztucznej inteligencji w szkołach, wypracowanie i przetestowanie rozwiązań, służących kształtowaniu kompetencji z zakresu sztucznej inteligencji (zwanej dalej również: „AI”) wśród młodzieży szkół średnich, budowanie kluczowych kompetencji cyfrowych, angażujących sferę abstrakcyjnego myślenia wśród uczniów, promowanie przedsiębiorczości opartej na AI w szkołach, budowanie wśród młodzieży wysokiej motywacji do poszukiwania nowatorskich pomysłów, kreowania nowych rozwiązań i ich wdrażania. Konkurs wpisuje się w ideę prowadzenia projektów metodami problemowymi oraz w obszarach STE(A)M, w których istotnym elementem pracy projektowej jest ewaluacja oraz pokazywanie i promowanie projektu osobom spoza zespołu. Idealnie jest, jeśli projekt trafia w ręce ekspertów merytorycznych, będących też praktykami, na co dzień pracującymi w obszarze, którym zajęli się uczniowie. W projekcie AI4Youth ogromną rolę w tym zakresie odgrywała akurat Intel i Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe.

Zaangażowanie zewnętrznych interesariuszy, na dowolnym etapie realizacji projektu, stanowi niezwykle wartościowy wkład zarówno, jeśli chodzi o kwestie merytoryczne, jak i osadzenie w praktyce podejmowanych przez uczniów działań. Przełożenie działań uczniowskich na potencjalne zapotrzebowanie rynku pracy, stanowi doskonały sposób na rozwijanie przedsiębiorczości u uczniów i inspirowanie ich do przyszłego zakładania np. startupów.

Nie należy jednak tu także zapomnieć o roli innych partnerów społecznych szkół. Projekty powinny kończyć się fazą ewaluacji i projekcji: uczniowie na tym etapie powinni móc pokazać swój projekt szerszej społeczności i otrzymać od niej informację zwrotną, która pomoże w kolejnych modyfikacjach czy w tworzeniu nowych projektów. Rolę takich odbiorców-ewaluatorów mogą pełnić uczniowie z innych klas, ale też z innych szkół. Internet daje możliwość zdalnego udziału w prezentacji projektów uczniów z różnych stron Polski, ale też Europy. Zresztą kooperacja z uczniami z innych szkół z całego świata może dać szansę na prowadzenie projektów międzykulturowych. Współpraca międzyszkolna to także znakomita przestrzeń dla wymiany nauczycielskiej – współpracy i wzajemnej inspiracji, wspólnego organizowania szkoleń, wymiany merytorycznej.

Warto też wspomnieć o tym, że o ile w szkołach podstawowych nie zapomina się o współpracy z rodzicami, o tyle na poziomie szkół średnich udział ich w edukacji dzieci

praktycznie jest niwelowany, a szkoda. Wielu rodziców reprezentuje firmy i instytucje, które mogą zapewnić istotne wsparcie w projektach uczniowskich z zakresu AI. Rolą szkoły powinna być zatem swoistego rodzaju logistyka i rozpoznanie potencjału rodzicielskiego.

## Implementacja modelu kształcenia

Projekt AI4Youth obejmował wiele etapów, w których uczestnicy pełnili różne, czasem naprzemienne role. Kurs rozpoczął się od przeszkolenia nauczycieli. Szkoleniowcami powinni być eksperci i trenerzy – specjaliści branżowi, uznani specjaliści, dzięki czemu zyskujemy pewność, że merytorycznie szkolenie będzie odbywało się na wysokim poziomie. W pilotażu AI4Youth ekspertami byli pracownicy PCSS - Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego, którzy posiadają niezbędną wiedzę i doświadczenie w zakresie rozwoju i stosowania technologii AI i doświadczenie w zakresie jej edukacji. Trenerami byli pracownicy zarówno PCSS i Software Development Academy posiadający powiązane z branżą AI i ze światem biznesu oraz doświadczenie dydaktyczne. Ważne było też uzupełnienie szkolenia o zapewnienie dostępu do platformy e-learningowej, na której zgromadzono scenariusze zajęć oraz multimedia gotowe do wykorzystania w pracy z uczniami.

Po przeszkoleniu nauczycieli, kolejnym etapem są zajęcia nauczycieli z uczniami w szkołach. Zajęcia te mogą odbywać się stacjonarnie, zdalnie lub hybrydowo. Po takim cyklu zajęć powinno odbyć się kolejne, rozszerzające szkolenie dla nauczycieli i paru, wybranych z klasy uczniów. Takie dodatkowe wsparcie uczniów sprawi, że mogą przyjąć oni funkcje liderów w grupach, do których zaraz powrócą z nową wiedzą uzyskaną na szkoleniu rozszerzonym, a którą będą mogli wykorzystać w praktyce (uczenie się peer-to-peer jest szczególnie cenionym sposobem wspólnego angażowania się uczniów w proces własnej edukacji) (Lang i in., 2017). Takie rozszerzające zajęcia powinny również być prowadzone przez instytucje specjalizujące się w tematyce AI, gdyż jej powiązanie ze światem biznesu zawsze będzie dodatkowym atutem.

Kolejnym etapem jest tworzenie przez uczniów projektów konkursowych. To jeden z najbardziej wymagających etapów wdrażania zagadnień AI do edukacji szkolnej, zakłada bowiem odpowiednio przemyślaną i zorganizowaną pracę z uczniami. Rekomendujemy zarówno realizację tematów w ramach projektów międzyprzedmiotowych wewnątrz- lub zewnątrzszkolnych, jak i pracę w grupach zainteresowań (zajęcia pozalekcyjne, typu koła zainteresowań).

Ważne jest przy tym, aby uczniowie wybierali tematy bliskie im społecznie, rozwiązywali ważne dla siebie problemy, poruszali tematy tak lokalne, jak i globalne. W AI4Youth temat projektu mógł zostać wybrany z szerokiego wachlarza obszarów, w których zastosowanie sztucznej inteligencji ma praktyczny sens, m.in. edukacja, opieka zdrowotna, zrównoważony rozwój, środowisko, demografia ludności, biznes, cyberbezpieczeństwo, ekonomia itd.

Wyzwaniem, jak wynika ze zgłaszanych przez nauczycieli w trakcie realizacji programu AI4Youth problemów, może być zainteresowanie uczniów danym problemem, zachęcenie ich do aktywności w tym zakresie spowodowane przeciążeniem dydaktycznym na innych przedmiotach. Należy też unikać wprowadzania zagadnień, które nie znajdują się w strefie najbliższego rozwoju uczniów, gdyż będą dla nich albo zbyt trudne, albo zniechęcające do zaangażowania się. Z jednej strony zatem, problem musi być ważny społecznie i pożądaný rynkowo, z drugiej, nie może wykraczać poza obszar zainteresowania i rozwoju poznawczego uczniów.

Ważnym etapem, jest etap prezentacji efektów projektu na forum grupy, szkoły czy nawet na niwie pozaszkolnej. Szczególnie zaproszenie, na etapie ewaluacji projektów, specjalistów branżowych może znacząco podnieść atrakcyjność projektów w oczach uczniów. Ważne jest natomiast to, by tacy specjaliści mogli pojawiać się jako konsultanci już wcześniej – na różnych etapach realizacji projektu.

## Dostępność i równość szans w projekcie AI4Youth

Zgodnie z wytycznymi w zakresie realizacji zasady równości szans i niedyskryminacji, w tym dostępności dla osób z niepełnosprawnościami oraz zasady równości szans kobiet i mężczyzn w ramach funduszy unijnych na lata 2014-2020 na każdym etapie realizacji Wykonawca respektował zasady równych szans i niedyskryminacji ze względu na rasę, płeć, pochodzenie, wiek, stopień sprawności, orientację seksualną, religię oraz światopogląd, co oznacza, że szeroko rozumiane rezultaty działań, w tym możliwość uczestnictwa w projekcie poprzez udział w postępowaniu rekrutacyjnym dostępne były na równych zasadach dla wszystkich zainteresowanych.

Ze względu na sytuację w kraju (pandemia Covid 19) i powiązanie z tym ograniczenia realizujący projekt dołożyli wszelkich starań, aby zapewnić wysoką dostępność kursu poprzez wykorzystanie rozwiązań zdalnej edukacji. Szkoły, które zostały zrekrutowane do projektu, już na spotkaniach wstępnych były informowane o możliwości realizacji pełnego cyklu szkoleniowego w trybie zdalnym (standard szkoleniowy).

Z powodu na wymuszoną sytuacją zdalna formułę realizacji zajęć projektowych, jednym z założeń projektów było zagwarantowanie szeroko pojętej dostępności treści i usług, zarówno w kwestiach edukacyjnych, jak i organizacyjnych. Celem tego podejścia było zapewnienie komfortowych warunków do pracy, nauki i spotkań dla wszystkich uczestników projektu, uwzględniając i adresując specyficzne potrzeby wszystkich grup docelowych (standard edukacyjny).

Dostępność wiedzy i informacji dla wszystkich osób, zainteresowanych tematyką była kluczowa na etapie organizacyjnym. Aby to umożliwić konsorcjant tj., Poznańskie

Centrum Superkomputerowo - Sietciowe zaangażowało w projekt eksperta ds. dostępności serwisów www, który odpowiadał za dbanie o dostępność cyfrową stron udostępnianych przez PCSS. Strona [ai4youth https://ai4youth.edu.pl/ h.edu.pl](https://ai4youth.edu.pl/h.edu.pl) została przez niego zaudytowana pod kątem zgodności z wytycznymi Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) w wersji 2.1 z wykorzystaniem dedykowanego narzędzia - <https://wcag-raport.pcss.pl/>, opracowanego wewnątrz PCSS i służącego do oceny dostępności stron WWW w różnych projektach.

W toku realizacji projektu iteracyjnie, aż do spełnienia warunku, dokonywano poprawek poaudytowych, aż ekspert ds. dostępności stwierdził poprawność realizacji usług i stron projektowych potwierdzając ich dostępność cyfrową (standard cyfrowy).

Poniższa ilustracja przedstawia fragment wykonanego audytu:

Funkcjonalność - Możliwość nawigacji	
2.4.1 – Możliwość pominięcia bloków (A)	Zaliczone
<b>Opis kryterium:</b> A mechanism is available to bypass blocks of content that are repeated on multiple Web pages. <b>Dodatkowe informacje:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><a href="#">Understanding Success Criterion 2.4.1</a></li></ul>	
2.4.2 – Tytuły stron (A)	Zaliczone
<b>Opis kryterium:</b> Web pages have titles that describe topic or purpose. <b>Dodatkowe informacje:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><a href="#">Understanding Success Criterion 2.4.2</a></li></ul>	
2.4.3 – Kolejność fokusu (A)	Zaliczone
<b>Opis kryterium:</b> If a Web page can be navigated sequentially and the navigation sequences affect meaning or operation, focusable components receive focus in an order that preserves meaning and operability. <b>Dodatkowe informacje:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><a href="#">Understanding Success Criterion 2.4.3</a></li></ul>	

Ponadto eksperci i trenerzy konsorcjanta byli dostępni on-line dla wszystkich uczniów i nauczycieli, również w formie spotkań indywidualnych, aby zapewnić wszelkie potrzebne wsparcie w zakresie zrozumienia i dostępu do kursu AI4Youth (standard szkoleniowy).

Gala Finałowa kończąca projekt AI4Youth została zaplanowana w Ministerstwie Rozwoju i Technologii. Dzięki temu wszystkie osoby biorące udział w gali miały zapewnioną bezpieczną i przyjazną ich potrzebom przestrzeń (standard informacyjno-promocyjny i architektoniczny). Rejestracja na Galę Finałową obejmowała pytanie o indywidualne wymagania w tym zakresie (preferencje żywieniowe, udogodnienia dla osób z niepełnosprawnościami).

## Gala Finałowa - oficjalne zamknięcie projektu

Zwieńczeniem projektu AI4Youth była organizacja Gali Finałowej. Dzięki uprzejmości Ministerstwa Rozwoju i Technologii miała miejsce w wyjątkowej przestrzeni - w Sali pod Kopułą w siedzibie Ministerstwa przy ulicy Trzech Krzyży w Warszawie. Spotkanie odbyło się 3 listopada 2022 roku, a za jego organizację oraz realizację odpowiadało Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe i Software Development Academy.

W zgodnej opinii Kapituły Konkursu składającej się z 5 ekspertów oceniających prace pod względem ich zgodności z tematyką i ideą Celów Zrównoważonego Rozwoju, oryginalności i innowacyjności projektu, stopnia zaawansowania wykorzystanych metod AI do rozwiązania przedstawionego problemu, jakości kodu oraz atrakcyjności prezentacji poziom konkursu był wysoki. Wyróżnione prace świadczą o dużym potencjale polskich uczniów do tworzenia zaawansowanych rozwiązań z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Nauczanie w szkołach tego rodzaju umiejętności przyczyni się w dłuższym okresie do podniesienia poziomu cyfryzacji i produktywności polskich firm.

Celem wydarzenia była dalsza popularyzacja tematyki sztucznej inteligencji wśród uczniów szkół, a także podsumowanie rezultatów całego projektu AI4Youth. Ważnym i niezwykle istotnym punktem wydarzenia było wyróżnienie zespołów projektowych, które uzyskały status finalistów bądź laureatów projektu AI4Youth.

Wszyscy laureaci mieli możliwość zaprezentowania swoich projektów przed zgromadzoną publicznością oraz interesariuszami projektu, co spotkało się z żywym zainteresowaniem i dyskusją ze strony wszystkich słuchaczy uczestniczących w gali.

W trakcie gali zostały wręczone atrakcyjne nagrody rzeczowe ufundowane przez organizatorów oraz złożone gratulacje na ręce zwycięzców. Wydarzenie to zakończyło projekt AI4Youth, stanowiąc ważny akcent w harmonogramie całego przedsięwzięcia.

Ministerstwo Rozwoju i Technologii jako pomysłodawca projektu AI4Youth i gospodarz Gali Finałowej wraz z jednostkami realizującymi projekt jest przekonane, że Program AI4Youth przyczyni się do budowania wśród młodzieży wysokiej motywacji do kreowania nowych rozwiązań i wdrażania ich w życie, powinien być też inspiracją do działania i zachęcać do podejmowania odważnych decyzji, np. o rozpoczęciu działalności startupowej. Ponadto spodziewane jest, że wyniki projektu zostaną zastosowane w szerokiej skali w polskim systemie edukacji.

## Wyniki pilotażu AI4Youth - podsumowanie

Pilotaż projektu AI4Youth skierowanego do liceów ogólnokształcących i techników zawodowych został zrealizowany na zlecenie Ministerstwo Rozwoju i Technologii w latach 2021-2022 przez konsorcjum w składzie Instytut Chemii Bioorganicznej PAN Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe oraz firmę SDA sp. z o.o. Pilotaż został przeprowadzony w oparciu o założenia i materiały autorskiego programu



szkoleniowego “AI for Youth” firmy Intel. Ostatecznie projekt objął swoim zasięgiem 92 szkoły, 124 nauczycieli i 1829 uczniów, a zakończył się realizacją 88 projektów uczniowskich o tematyce z zakresu zastosowania sztucznej inteligencji do rozwiązywania realnych problemów społecznych, środowiskowych i innych dostrzeżonych przez zespoły uczniowskie. Obok regularnych zajęć w ramach szkoleń prowadzonych przez trenerów i ekspertów, uczestnicy mieli okazję skorzystać z bezpośredniego wsparcia w formie zdalnych konsultacji przy definiowaniu i realizacji projektów finałowych. Obok materiałów szkoleniowych programu AI for Youth, uczestnicy zostali wyposażeni na wszystkich etapach realizacji kursu w dostęp do zaawansowanych sieciowych usług edukacyjnych, kluczowych dla sprawnego i pomyślnego wdrożenia programu w praktyce szkolnej. Na gali finałowej, stanowiącej niejako uroczyste podsumowanie pilotażu i cyklu szkoleniowego, zaprezentowano i nagrodzono 30 wyróżnionych zespołów i projektów. Projekty finałowe zdobyły uznanie jury konkursowego, które doceniło ich rzeczywisty potencjał i kreatywne podejście do wykorzystania technologii dla rozwiązywania istotnych problemów. Kapituła Konkursu wybrała 5 najlepszych projektów nadając ich twórcom tytuł laureatów. Projekty laureatów dotyczyły takich ważkich zagadnień jak wsparcie osób dotkniętych paralizem poudarowym, nowe podejście do zastosowania gestów w obsłudze systemów komputerowych, metody pomagające w zachowaniu zdrowej postawy ciała, czy zautomatyzowane wykrywanie guzów na obrazach medycznych. Głosy uczniów, nauczycieli i dyrektorów szkół objętych pilotażem w sprawie oceny pilotażu i sensu prowadzenia tego typu działań edukacyjnych w odniesieniu do technologii sztucznej inteligencji w szkołach średnich są generalnie pozytywne, co znalazło potwierdzenie w omówionych powyżej wynikach ankiet i w bezpośrednich rozmowach ekspertów pilotażu z jego uczestnikami. Dostrzeżone mankamenty programu i problemy występujące w pilotażu znalazły swoje odzwierciedlenie w powyższych rekomendacjach. **Jednoznacznie należy jednak podkreślić, że pilotażowy projekt AI4Youth zakończył się pełnym sukcesem, to jest osiągnięto wszystkie kamienie milowe, zrealizowano wskaźniki, a pomysł wprowadzania i kontynuacji tego typu działań edukacyjnych w szkołach zyskał jednoznaczną przychylność uczestników.** Działania pilotażu pomogły pozyskać dla idei realnego wykorzystywania sztucznej inteligencji, nie tylko w obszarze technologii ICT, ale też we wszelkich ważnych społecznie zagadnieniach, rzeszę nauczycieli i uczniów - uczestników pilotażu i mają potencjał pozyskać kolejnych w przypadku przeprowadzania podobnych działań na większą skalę, na poziomie systemowym. Potwierdzeniem sukcesu pilotażu są dojrzałość tematyczna i technologiczna prac finałowych oraz powtarzająca się podczas Gali Finałowej odpowiedź uczniów na pytanie “co cię zaskoczyło w trakcie realizacji programu i projektu finałowego?” stwierdzająca, że “AI kojarzyło mi się dotąd z zawiłą i trudną matematyką i programowaniem, nie myślałam/myślałem, że tak szybko mogę się nauczyć stosować AI w moich projektach”.

Celem omówionych wyników i wniosków z realizacji pilotażu AI4Youth oraz rekomendacji zebranych i omówionych o osobnym dokumencie jest więc przekazanie doświadczeń zespołu realizującego pilotaż z nadzieją na dalsze, jeszcze sprawniejsze

wdrożenie podobnych działań na znacznie większą skalę odpowiadającą obecnym i przyszłym potrzebom polskiej nauki i gospodarki.

## Autorzy

Powyższa publikacja opracowana została na podstawie wniosków z realizacji projektu AI4Youth realizowanego przez Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe i SDA sp. z o.o. na rzecz Ministerstwa Rozwoju i Technologii w ramach umowy nr 320/UM/2021/0027 przez zespół projektowy w składzie:

- Natalia Walter
- Agnieszka Iwanicka
- Małgorzata Ciżnicka
- Martyna Dominiak-Świgoń
- Zbigniew Karwasiński
- Bogdan Ludwiczak
- Tomasz Piontek
- Magdalena Rosa
- Wojciech Stefaniak
- Adrianna Szofer

## Podziękowania

Zespół odpowiedzialny za przeprowadzenie pilotażu, w imieniu konsorcjum w składzie Instytut Chemii Bioorganicznej PAN Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe oraz SDA sp. z o.o. pragnie serdecznie podziękować Ministerstwu Rozwoju i Technologii za całe wsparcie okazane podczas realizacji działań pilotażu i zrozumienie dla jego istoty dla polskiego systemu kształcenia młodzieży w zakresie kompetencji jutra oraz firmie Intel za wszelkie wskazówki dotyczące programu “AI for Youth” i dobrych praktyk dotyczących jego wdrażania w praktyce szkolnej.

## Bibliografia

- Akturk, A. A., & Demircan, H. O. (2017). A review of studies on STEM and STEAM education in early childhood. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 18(2), 757-776.
- Alonso, J. M. (2020). Teaching explainable artificial intelligence to high school students. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 13(1), 974-987.
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). The digital competence framework for citizens. *Publications Office of the European Union*.
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278.
- Devedžić, V. (2004). Web intelligence and artificial intelligence in education. *Journal of Educational Technology & Society*, 7(4), 29-39.
- Dewey, J. (1988). *Jak myślimy*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- European Commission. (2018). Artificial intelligence for Europe. *Communication from the commission to the European Parliament, the European council, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions*.
- Fang, Y., Chen, P., Cai, G., Lau, F. C., Liew, S. C., & Han, G. (2019). Outage-limit-approaching channel coding for future wireless communications: Root-protograph low-density parity-check codes. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14(2), 85-93.
- Ferrari, A., Brečko, B. N., & Punie, Y. (2014). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. *Special edition*, 7.
- Iwanicka, A. (2020). *Cyfrowy świat dzieci we wczesnym wieku szkolnym. Uwarunkowania korzystania z nowych technologii przez dzieci*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Jochems, W., van Merriënboer, J., & Koper, R. (2004). An introduction to integrated e-learning. In *Integrated E-learning* (pp. 13-24). Routledge.
- Lang, C., Craig, A., & Casey, G. (2017). A pedagogy for outreach activities in ICT: Promoting peer to peer learning, creativity and experimentation. *British journal of educational technology*, 48(6), 1491-1501.
- Plebańska, M., Trojańska, K. (2018). *STEAM-owe lekcje*. Wydawnictwo: Elitera (e-book).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej Dz.U. 2017 poz. 356. (2017) (Polska). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20170000356>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339.
- Timms, M. J. (2016). Letting artificial intelligence in education out of the box: educational cobots and smart classrooms. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 701-712.

- United Nations Education Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2019). How Can Artificial Intelligence Enhance Education? <https://en.unesco.org/news/how-can-artificial-intelligence-enhance-education>.
- Vuorikari, R., Punie, Y., Gomez, S. C., & Van Den Brande, G. (2016). *DigComp 2.0: The digital competence framework for citizens. Update phase 1: The conceptual reference model* (No. JRC101254). Joint Research Centre (Seville site).
- Walter, N. (2013). Pedagogika 2.0. O potrzebie kształcenia specjalistów z zakresu e-learningu. *Neodidagmata*, 35.
- Walter, N., & Pyżalski, J. (2021). Rozwijanie umiejętności cyfrowych młodych ludzi – gdzie jesteśmy, dokąd zmierzamy? W S. M. Kwiatkowski, S. M. Kwiatkowski (Red.), *Współczesne problemy pedagogiki. W kierunku integracji teorii z praktyką* (ss. 217–234).
- World Economic Forum. Centre for the New Economy and Society Accenture (Firm). (2022). Jobs of tomorrow: the triple returns of social jobs in the economic recovery. World Economic Forum, Geneva, Switzerland. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Artificial\\_Intelligence\\_for\\_Children\\_2022.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Artificial_Intelligence_for_Children_2022.pdf)
- Wartman, S. A., & Combs, C. D. (2018). Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. *Academic Medicine*, 93(8), 1107–1109.
- Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie (2006/962/WE)
- Zalecenie Rady z dnia 22 maja 2018 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2018/C 189/01). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z dnia 04.06.2018, C 189/1.