

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

GRAŻYNA GREGORCZYK

*Na naszych oczach startuje czwarta rewolucja przemysłowa,
uczące się komputery drastycznie zmieniają nasze życie.*

Bardziej niż koło, prąd czy internet.

Jen Hsun Huang, szef Nvidii Corporation – amerykańskiego przedsiębiorstwa komputerowego, jednego z największych na świecie producentów procesorów graficznych i innych układów scalonych

Dynamiczny rozwój nowych technologii, szczególnie cyfrowych – zwany czwartą rewolucją przemysłową – zmienia współczesny świat i gospodarkę, dokonuje transformacji społecznych i kulturowych. Największe zmiany nastąpiły w sposobie komunikowania się, magazynowania i przetwarzania dużych zbiorów danych w chmurze oraz w obszarze współpracy pomiędzy systemami informatycznymi i urządzeniami, które mogą komunikować się ze sobą i udostępniać dane użytkownikom przez Internet.

Pat Gelsinger, dyrektor generalny Intela, w raporcie na temat odpowiedzialności korporacyjnej firmy Intel zawarł następujące słowa: *Technologia cyfrowa zmienia świat w przyspieszonym tempie, napędzana przez to, co nazywam czterema „supermocarstwami”: chmurę, łączność zasilaną przez 5G, sztuczną inteligencję (AI) i inteligentną krawędź¹. Są supermocarstwami, ponieważ każde*

z nich wzmacnia wpływ innych. Razem zmieniają każdy aspekt naszego życia i pracy.

Powstaje pytanie, w jaki sposób technologie przyszłości – takie jak sztuczna inteligencja (ang. *Artificial Intelligence*, AI), wirtualna rzeczywistość (ang. *Virtual Reality*, VR), rozszerzona rzeczywistość (ang. *Augmented Reality*, AR) czy internet rzeczy (ang. *Internet of Things*, IoT) – zmieniają edukację w najbliższych latach i dekadach? Bo że zmieniają, nikt nie ma wątpliwości.

W artykule zostały przedstawione wybrane spośród wielu technologii przyszłości trzy przetomowe: **sztuczna inteligencja, robotyka i blockchain²**, ponieważ w sposób istotny zmieniają świat w XXI wieku, a tym samym edukację.

¹ **Inteligentna krawędź** – pod tym określeniem rozumie się zestaw potężnych systemów i urządzeń, które zbierają i analizują dane w celu wsparcia podejmowania decyzji [przyp. red.].

² **Blockchain** jest rozproszoną bazą danych o architekturze typu peer-to-peer. „Rozproszona” oznacza, że dane są przechowywane w wielu lokalizacjach, a „peer-to-peer”, że nie ma centralnego hosta, który przechowuje główną kopię danych.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

SZTUCZNA INTELIGENCJA WYZWANIEM DLA EDUKACJI PRZYSZŁOŚCI

*W przeciągu najbliższych stu lat komputery
wyprzedzą ludzi, jeśli chodzi o inteligencję.*

Stephen Hawking,
brytyjski fizyk teoretyczny i matematyczny

Zgodnie z rezolucją przyjętą przez Parlament Europejski³ sztuczna inteligencja ma być jedną z najważniejszych technologii przyszłości. Chociaż dla większości uczniów i nauczycieli, ale i zwykłych ludzi, sztuczna inteligencja stanowi jedną wielką zagadkę, kojarzy się z filmami science fiction i bardzo odległą przyszłością, tak naprawdę jest już wszechobecna w naszym życiu. Wyposażone są w nią nasze smartfony, przeglądarki internetowe, zegarki, samochody, odkurzacze...

Umiejętności związane z projektowaniem i wykorzystaniem sztucznej inteligencji są dzisiaj uważane za jedno z najbardziej poszukiwanych umiejętności na rynku pracy.

Według raportu Future of Jobs 2020 Światowego Forum Ekonomicznego⁴, najszybciej rozwijającymi się obecnie zawodami są specjaliści w zakresie sztucznej inteligencji (**AI** – ang. *Artificial Intelligence*), uczenia maszynowego (**ML** – ang. *Machine Learning*) i uczenia głębokiego (**DL** – ang. *Deep Learning*) oraz eksperci ds. Big Data i analitycy danych.

Zagadnienia specyficzne dla tego obszaru zawodowego, czyli sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, a także uczenie głębokie są ze sobą powiązane, lecz mają różne funkcje. Zanim przejdziemy do zastosowania AI w edukacji, kilka słów wyjaśnienia.

AI – Sztuczna inteligencja

Można ją określić jako komputerowy system zdolny do wykonywania wymagających inteligencji zadań, na ogół kojarzonych z ludzkim umysłem, takich jak: **interpretacja i przetwarzanie informacji, rozpoznawanie obiektów, nauka, rozumowanie, rozwiązywanie problemów, rozumienie języka naturalnego, przewidywanie przyszłości, podejmowanie decyzji**, a czasem również – **tworzenie**.

Termin „sztuczna inteligencja” zawiera jawne odniesienie do pojęcia inteligencji. Ponieważ jednak inteligencja (tak maszynowa, jak i ludzka) jest pojęciem niejasnym, naukowcy zajmujący się AI najczęściej posługują się pojęciem **racjonalności**. Odnosi się ono do zdolności wyboru **najlepszego działania umożliwiającego osiągnięcie danego celu**, biorąc pod uwagę dostępne zasoby i kryteria optymalizacji.

ML – Uczenie maszynowe

Uczenie maszynowe to gałąź sztucznej inteligencji i informatyki, która koncentruje się na wykorzystaniu danych i algorytmów do naśladowania sposobu, w jaki ludzie się uczą.

Uczenie maszynowe jest ukierunkowane na tworzenie aplikacji, które potrafią się uczyć bez ludzkiej interwencji na podstawie gromadzonych danych. Stopniowo, wraz z upływem czasu, poprawiają swoją dokładność i skuteczność. W przeciwieństwie do sztucznej inteligencji proces uczenia maszynowego nie jest w stanie stworzyć czegoś nowego, a jedynie uzyskiwać optymalne rozwiązania danego problemu.

Algorytmy uczenia maszynowego są wykorzystywane w wielu różnych zastosowaniach, takich jak np.: system nawigacji satelitarnej, ochrona przed spamem (filtrowanie wiadomości internetowych pod kątem niechcianej korespondencji), autokorekta w procesorach tekstu, wyszukiwanie i rekomendacja najciekawszych dla użytkownika materiałów w mediach społecznościowych czy rozpoznawanie obrazów. Opracowanie konwencjonalnych

³ Rezolucja Parlamentu Europejskiego z 3 maja 2022 r. w sprawie sztucznej inteligencji w epoce cyfrowej, <https://tiny.pl/w9g6v>

⁴ The Future of Jobs Report 2020, <https://tiny.pl/rj3qs>

GRAŻYNA GREGORCZYK

algorytmów do wykonywania tych potrzebnych zadań byłoby trudne lub wręcz niewykonalne.

DL – Uczenie głębokie

Uczenie głębokie to podzbiór uczenia maszynowego umożliwiający komputerom rozwiązywanie bardziej złożonych problemów. Modele uczenia głębokiego są w stanie także samodzielnie tworzyć nowe funkcje.

W uczeniu głębokim sztuczne sieci neuronowe – algorytmy zaprojektowane do działania przypominającego ludzki mózg – uczą się na podstawie dużych ilości danych.

Między wieloma niezliczonymi zastosowaniami głębokie uczenie jest wykorzystywane np. do generowania napisów dla filmów w serwisie YouTube, rozpoznawania mowy w telefonach i inteligentnych głośnikach, rozpoznawania twarzy z fotografii oraz do tworzenia samodzielnie jeżdżących samochodów.

Uczenie głębokie jest także stosowane:

- do analizy dużej liczby obrazów, co pozwala sieciom społecznościowym dowiedzieć się więcej o użytkownikach i ich preferencjach, a to usprawnia np. ukierunkowanie reklam czy zarządzanie łańcuchem dostaw,
- do bardziej skutecznego wykrywania zaawansowanych zagrożeń niż metody tradycyjne, do zwalczania złośliwego oprogramowania poprzez rozpoznawanie nowych podejrzanych działań, a tym samym zwiększania bezpieczeństwa,
- w dziedzinie opieki zdrowotnej poprzez analizę trendów i zachowań ludzi w celu przewidywania chorób i pandemii, a także w celu określenia optymalnych badań i zabiegów dla pacjentów,
- do przetwarzania języka naturalnego poprzez automatyzację analizy, rozumienia, tłumaczenia i generowania języka naturalnego przez komputer.

Jednak do najczęściej spotykanych przykładów uczenia głębokiego zaliczają się tzw. **asystenci cyfrowi**. Inteligentni asystenci głosowi, korzystający z przetwarzania języka naturalnego (NLP – programowanie neurolingwistyczne), tacy jak: **Apple Siri, Microsoft Cortana, Asystent Google i Amazon's Alexa** mogą odpowiadać na pytania i dostosowywać się do nawyków użytkowników.

W Polsce, w maju 2020 roku, został uruchomiony chatbot **Edzia**, wirtualny asystent, który był skarbnicą technicznej wiedzy przydatnej w prowadzeniu zajęć online. Stworzył go zespół IBM na chmurze IBM Cloud i na bazie usługi IBM Watson Assistant⁵.

Edzia odpowiadała na pytania nauczycieli dotyczące narzędzi do edukacji zdalnej, wsparcia metodycznego, wyszukiwania wiarygodnych źródeł dla materiałów edukacyjnych czy sposobu organizacji zajęć.

Istnieje wiele obiecujących zastosowań technologii AI, które można wykorzystać w edukacji w nadchodzących dziesięcioleciach. AI może **przyspieszyć przejście do nauki zindywidualizowanej, zapewnić uczniom ciągłą ocenę i informację zwrotną oraz stosować techniki uczenia się w celu zróżnicowania procesu nauki tak, by była ona dostosowywana do danego ucznia w czasie rzeczywistym**.

AI wykazała już ogromny potencjał jako **wsparcie dla uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych** dzięki umiejętności reagowania na specyficzne zdolności tych dzieci.

AI może pomagać nauczycielom w wykrywaniu problemów z przyswajaniem wiedzy u uczniów, dostosowywać materiał do indywidualnych potrzeb ucznia lub po prostu być wykorzystana do oceniania. AI może także pomóc w zarządzaniu

⁵ IBM Watson Assistant, wirtualny asystent, wykorzystuje sztuczną inteligencję zdolną do zrozumienia kontekstu zapytań użytkowników, udzielającą szybkich, logicznych i dokładnych odpowiedzi w dowolnej aplikacji na dowolnym urządzeniu i kanale.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

lekcjami i systemem edukacji, na przykład przewidując pewne trendy, zachowania ucznia i zjawiska z wyprzedzeniem. AI może pomóc analizować postępy ucznia w czasie rzeczywistym oraz podsuwać rekomendacje co do tego, jakie działania podejmować wobec konkretnych uczniów.

Jan Fazlagić w artykule „Rozwój sztucznej inteligencji jako wyzwanie dla systemu edukacji”⁶, proponuje następujące główne podkategorie zastosowań AI w edukacji:

- sztuczna inteligencja wspomagająca proces uczenia się i nauczania,
- sztuczna inteligencja jako wsparcie nauczyciela w pracach administracyjnych,
- sztuczna inteligencja w zarządzaniu systemem oświaty na różnych poziomach.

Podział ten może mieć istotne znaczenie dla dalszych prac badawczych nad sztuczną inteligencją oraz wskazywać kierunki, w jakich powinna rozwijać się dla poprawy edukacji.

Może także okazać się przydatny dla branży edtech (ang. *educational technology*), która dostarcza rozwiązania nowoczesnych narzędzi technologicznych oraz innowacyjnych procesów i metodyk pedagogicznych w celu zwiększenia efektywności nauczania.

Zarys możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w obszarze edukacji (za Janem Fazlagiciem)

1. Sztuczna inteligencja wspomagająca uczenie się i nauczanie

- **Sztuczna inteligencja jako asystent, pomocnik nauczyciela** – AI, jako cyfrowy korepetytor ucznia, może mu pomóc uczyć się

i doskonalić umiejętności. Dzięki odpowiednim algorytmom „potrafi” reagować na jego zdolności, dostarczać odpowiednich treści oraz zapewniać motywację i zaangażowanie. Ułatwieniem dla nauczyciela może być także szybka identyfikacja uczniów zagrożonych. Takie rozwiązanie umożliwia indywidualną pracę z uczniem bez szkody dla reszty klasy ani wystawiania go na krytykę ze strony rówieśników.

- **Sztuczna inteligencja w zastępstwie nauczyciela** – Chociaż wyeliminowanie „czynnika ludzkiego” z procesu nauczania wydaje się dzisiaj niemożliwe, coraz szerzej stosowane są rozwiązania typu *intelligent tutoring system*, umożliwiające tzw. inteligentne nauczanie bez udziału nauczyciela. Przykładem może być system Carnegie Learning⁷ – lider w dziedzinie sztucznej inteligencji w edukacji i ocenianiu formatywnym. Można również tutaj wymienić przywołanych już wcześniej asystentów cyfrowych, takich jak Siri, Cortana czy Alexa, którzy śledzą pracę ucznia i na tej podstawie, bez udziału nauczyciela, zapewniają mu spersonalizowaną pomoc.
- **Sztuczna inteligencja jako przestrzeń zapewniająca uczniom bezpieczeństwo emocjonalne w sytuacji niepowodzeń szkolnych** – Porażki i błędy są nierozdzielnie związane z uczeniem się. Odosobnienie oraz intymność, którą zapewnia sztuczna inteligencja podczas nauki, mogą pozytywnie wpływać na pracę ucznia, tworząc atmosferę zaufania i bezpieczeństwa.
- **Personalizacja – odpowiedź na indywidualne potrzeby ucznia** – Chociaż spersonalizowane doświadczenie edukacyjne nie jest koncepcją nowatorską, technologia AI może znacznie ułatwić jej wdrożenie. Dzisiejsze klasy są zróżnicowane i złożone, a AI może

⁶ J. Fazlagić [red.] *Sztuczna inteligencja (AI) jako megatrend kształtujący edukację. Jak przygotowywać się na szanse i wyzwania społeczno-gospodarcze związane ze sztuczną inteligencją?* Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa 2022.

⁷ <https://www.carnegielearning.com/>, dostęp 21.08.2022.

GRAŻYNA GREGORCZYK

pomóc lepiej odpowiedzieć na potrzeby każdego ucznia. Rozpoznając jego deficyty wiedzy, może na przykład dostarczyć więcej ćwiczeń w obszarach, które uzna za wymagające doskonalenia oraz zmniejszyć liczbę zadań w obszarach, które zostały już opanowane.

- **Udzielanie informacji zwrotnej** – Nauczycielom w tradycyjnej klasie często brakuje czasu na udzielenie uczniowi informacji zwrotnej na temat jego postępów w nauce oraz braków w wiedzy i umiejętnościach. Sztuczna inteligencja, na podstawie posiadanych danych, może rozwiązać ten problem dostarczając uczniowi lub innym zainteresowanym osobom spersonalizowaną, obiektywną, rzetelną informację zwrotną. Może również pomóc uczniowi w podejmowaniu decyzji dotyczących wyboru kolejnych etapów edukacji.
- **Monitoring i przeciwdziałanie przedwczesnemu kończeniu nauki przez dzieci** – AI może na bieżąco analizować proces nauki ucznia. Może także, poprzez wgląd w jego osobowość, poddawać analizie odczucia i emocje towarzyszące temu procesowi, rozpoznawać sytuacje kryzysowe. Dzięki temu nauczyciel będzie mógł podjąć wcześniejszą interwencję i dopasować działania pomocowe do potrzeb ucznia.
- **AI w systemach antyplagiatowych** – Sztuczna inteligencja dostarcza narzędzi do analizy języka naturalnego, które pomagają w wyszukiwaniu zapożyczonych tekstów i ich źródeł. Pozwala to na unikanie bezkrytycznego kopiowania zasobów sieci internetowej przez społeczność szkolną.

2. Sztuczna inteligencja jako wsparcie nauczyciela w pracach administracyjnych

- **Ocenianie uczniów** – Sztuczna inteligencja może usprawnić proces oceniania i ewaluacji uczniów. Ocenianie może być całkowicie zautomatyzowane, np. na podstawie znormalizowanych testów, albo częściowo zautomatyzowane. AI może także oceniać odpowiedzi otwarte w czasie rzeczywistym, analizować efekty pracy ucznia, pozostawiając ostateczną decyzję samemu nauczycielowi. Inne zadania administracyjne, które AI może realizować, to np. wpisywanie ocen na koniec semestru, wypełnianie formularzy sprawozdań i dokumentacji szkolnej, komunikacja z rodzicami.
- **Sprawdzanie obecności i aktywności uczniów** – Jest to proste zadanie, realizowane już dzisiaj przez nieskomplikowane oprogramowanie. Sztuczna inteligencja, gromadząc dane na temat aktywności uczniów, może dodatkowo identyfikować zarówno uczniów zagrożonych niepowodzeniem, jak i uczniów zdolnych, i zapewniać im odpowiednie narzędzia do osiągnięcia sukcesu.
- **Wsparcie metodyczne** – Technologia AI może dostarczać nauczycielowi informacje wspierające go w procesie nauczania. Analizując postępy uczniów, wykrywając np. wyższą niż oczekiwana liczbę błędnych odpowiedzi uczniów na dany temat, może przedstawić nauczycielowi propozycje usprawnień albo dostarczyć mu wiedzę potrzebną uczniom i zasugerować najlepszy sposób jej przekazania.
- **Zarządzanie relacjami z rodzicami i innymi osobami** – AI może wyręczyć nauczycieli w realizacji niektórych zadań z tym związanych. Chatboty mogą udzielać natychmiastowych odpowiedzi na pytania administracyjne zadawane przez rodziców, personel i uczniów, zapewniając tym samym szybki i łatwy dostęp do potrzebnych im informacji.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

3. Sztuczna inteligencja w zarządzaniu systemem oświaty na różnych poziomach

- **Ocena nauczycieli** – W systemach edukacji w wielu krajach na świecie stosowane są różnego rodzaju zasady oceniania i awansu zawodowego nauczycieli. Systemy te analizują wybrane osiągnięcia i aktywności nauczycieli, np. dotyczące postępów w nauce uczniów, zaangażowania nauczyciela w pracę szkoły, współpracy z innymi nauczycielami oraz ze środowiskiem lokalnym. Podobnie jak ma się to w przypadku oceniania uczniów, tu także sztuczna inteligencja mogłaby oceniać lub też dostarczać informacji osobom oceniającym nauczyciela. Jest nadzieja, że oceny byłyby potencjalnie pozbawione elementów niemerytorycznych lub politycznych, jakie czasami towarzyszą pracy nauczyciela.
- **Analiza dużych zbiorów danych o systemie edukacji** – Odpowiednie algorytmy mające dostęp do danych wytwarzanych w sektorze oświaty mogłyby przewidywać trendy i zagrożenia na przykład w czasach pandemii i nauczania zdalnego oraz dostarczać informacji pozwalających na wcześniejszą interwencję czy też odpowiednią dystrybucję środków.
- **Analiza danych na poziomie organu prowadzącego oraz regionalnym** – Analiza danych mogłaby pozwolić na optymalizację wykorzystania zasobów oraz monitorowanie efektywności ich wykorzystania. Na przykład dane dotyczące aktywności uczniów i nauczycieli mogłyby być skorelowane z nakładami na technologie informatyczne w edukacji.

Sztuczna inteligencja zmieniła już edukację w wielu krajach, ułatwiając i usprawniając naukę. Wkrótce także Polska może zostać pionierem wykorzystania sztucznej inteligencji w edukacji.

Komitet Rady Ministrów ds. Cyfryzacji (KRMC) przyjął w 2020 roku „Politykę rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce”⁸. Dokument określa działania i cele dla Polski w perspektywie krótkoterminowej (do 2023), średnioterminowej (do 2027) i długoterminowej (po 2027). Wśród sześciu obszarów dokument wymienia edukację: *AI i edukacja – działania podejmowane od kształcenia podstawowego, aż do poziomu uczelni wyższych – programy kursów dla osób zagrożonych utratą pracy na skutek rozwoju nowych technologii, granty edukacyjne*.

Warto w tym miejscu wspomnieć o autorskim, globalnym programie firmy Intel – **AI for Youth**⁹ – Sztuczna inteligencja dla młodzieży. Jest to projekt pilotażowy o zasięgu ogólnopolskim, realizowany przez Konsorcjum Instytutu Chemii Bioorganicznej PAN Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego oraz Software Development Academy, działających na rzecz Ministerstwa Rozwoju i Technologii.

Jest on skierowany do uczniów i nauczycieli publicznych liceów ogólnokształcących oraz techników. Program ma uczyć i pomagać rozwijać kompetencje technologiczne i społeczne związane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji, aby jak najlepiej przygotować młodzież na nadejście rewolucji związanej z AI, z którą procesy gospodarcze związane są coraz bardziej.

Z ROBOTEM W SZKOLNEJ ŁAWCE

*Cóż to za robot piękny i młody,
I cóż to za robotniczka,
Ona mu z dzbana daje pentody,
On jej – wtyczki z koszyczka.*
Stanisław Lem, „Dzienniki gwiazdowe”

Roboty to urządzenia techniczne przeznaczone do realizacji niektórych funkcji lokomocyjnych oraz manipulacyjnych człowieka. Wyróżniają się one

⁸ Pełny tekst dokumentu: <https://tiny.pl/r5lcs>

⁹ Strona projektu: <https://ai4youth.edu.pl>

GRAŻYNA GREGORCZYK

możliwością wykonywania serii zautomatyzowanych czynności, które można samodzielnie zdefiniować i zaprogramować. W znacznej większości roboty korzystają z omówionej wcześniej sztucznej inteligencji. Roboty ze sztuczną inteligencją wykorzystuje się zwykle, aby zbliżyć do siebie ludzi i technologię, rozwiązywać problemy i wyręczać ludzi w ciężkich, żmudnych i powtarzalnych pracach.

W artykule zostanie przedstawionych kilka ciekawych inspiracji dotyczących wykorzystania robotów w edukacji.

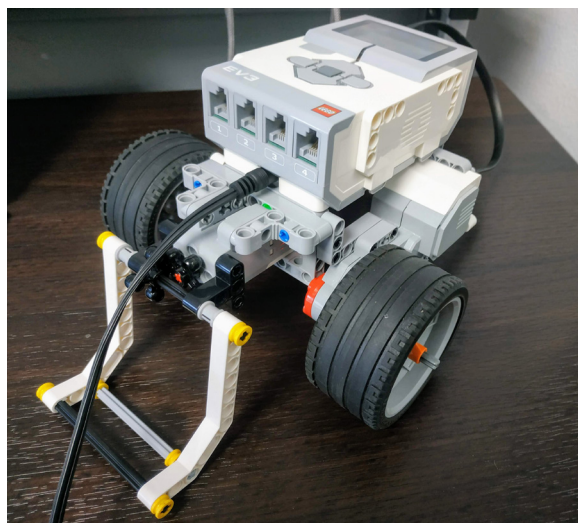
Roboty edukacyjne – nauka przez technologię

Najwcześniej pojawiły się w szkołach roboty – narzędzia edukacyjne do wykorzystania podczas lekcji. Wprowadzenie podstaw robotyki do szkół w formie zajęć praktycznych pozwoliło uczniom na opanowanie zagadnień z kilku dziedzin: konstruowania, automatyki, informatyki oraz mechaniki. Z tego względu robotyka często postrzegana jest jako integralna część tzw. edukacji STEM (ang. **S**cience, **T**echnology, **E**ngineering, **M**aths, tzn. Nauka, Technologia, Inżynieria i Matematyka), łączącej edukację w obszarze nauk ścisłych i technicznych.



Rysunek 1. Polski robot Photon pomaga dzieciom poruszać się w świecie nowych technologii
Źródło: Wikimedia Commons, <https://tiny.pl/wfxlh>, CC BY-SA 4.0

Roboty edukacyjne służą także do motywowania uczniów, pomagają w realizacji ich pomysłów. Wyposażone są w wiele czujników, dzięki którym uczniowie mogą poznać szersze znaczenie robotyki, nauczyć się nie tylko podstaw programowania, ale także dokładności, rozwinąć myślenie przyczynowo-skutkowe oraz kreatywność i wyobraźnię. Roboty edukacyjne świetnie sprawdzają się na wszystkich etapach edukacyjnych. Jest to ciekawy sposób zachęcania dzieci do nauki poprzez kreatywne wykorzystanie zabawy.



Rysunek 2. Lego Mindstorms EV3 Robot gotowy do edukacyjnej misji. **Źródło:** Wikimedia Commons, <https://tiny.pl/wfxlg>, CC BY-SA 4.0

W wielu polskich szkołach możemy już dzisiaj spotkać roboty edukacyjne takie jak: Photon, Wonder Dash, Makeblock-mTiny, Walking Bot, Roboraptor, MIO 2.0, Stemi Hexapod, Lego Mindstorms EV3 czy DJI RoboMaster S1.

Robotyka i programowanie zostały także uwzględnione w programie **Laboratoria Przyszłości** – inicjatywie edukacyjnej realizowanej przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Główny cel Laboratoriów Przyszłości to inwestycja w nowoczesną edukację, a także rozwijanie kompetencji przyszłości u uczniów.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

Czy roboty zastąpią nauczycieli?

W zależności od formy i funkcjonalności charakteryzujących dany system roboty pełnią różne role, od służenia jako narzędzie edukacyjne, do pełnienia funkcji asystentów nauczycieli i nauczycieli jako takich. Robota edukacyjnego i zestaw robotyczny można więc zakwalifikować jako „narzędzie”, „rówieśnik” lub „nauczyciel”.

Koreański robot **Silbot ENGKEY** świetnie radzi sobie z nauczaniem języka angielskiego. Nie ma również problemów z utrzymaniem dyscypliny w klasie. Sam odnajduje się w przestrzeni, słyszy i rozpoznaje ludzkie głosy. W trosce o komfort psychiczny uczniów zaopatrzonego go w specjalny monitor, na którym wyświetla się ludzka twarz. Taki zabieg podobno pomaga dzieciom w lepszym zaaklimatyzowaniu się w klasie. Nie bez znaczenia jest tu też element zabawy. Robot nie jest „panią”, tylko rodzajem zabawki, czymś, z czym współczesne dzieci są całkiem nieźle oswojone.

Roboty nie zastąpią nauczycieli, ale mogą znacząco pomóc, oszczędzając ich czas i pracę. *Wyznaczając maszynom pewne zmechanizowane zadania, nauczyciel może osiągnąć odpowiednią pozycję jako niezbędną istotą ludzką* – napisał w latach 50. XX wieku Burrhus Frederic Skinner, amerykański psycholog, behawiorysta, teoretyk maszynowego nauczania i autor pierwszych praktycznych programów tego typu.

Do prac, które zapewne nauczyciele chętnie oddadzą automatycznym systemom komputerowym, z pewnością będą należeć: prowadzenie rozmaitej szkolnej dokumentacji, pracochłonne przygotowywanie i sprawdzanie rozmaitych testów i sprawdzianów czy sprawdzanie prac domowych.

Robot – wirtualny asystent nauczyciela

Wirtualny asystent nauczyciela to automatyczne rozwiązanie, które może przejąć większość czynności często powtarzanych przez nauczyciela, może odpowiadać na pytania i dostosowywać się do nawyków użytkowników.

Przykładem takiego wirtualnego asystenta jest robot w Georgia Institute of Technology, którego nazwano **JILL WATSON**. Kiedy instytut uruchomił kurs online umożliwiający zdobycie tytułu magistra w zakresie informatyki, na naukę zapisały się tysiące ludzi z całego świata. Wzrost liczby studentów oznaczał coraz więcej pytań zadawanych na uczelnianych forach dyskusyjnych. W przeciwieństwie do większości profesorów bot JILL WATSON mógł przez 24 godziny i 7 dni w tygodniu odpowiadać na typowe, a także bardziej złożone pytania studentów dotyczące programu kursu i innych spraw organizacyjnych. Pozwalało to skrócić czas pedagogów i personelu poświęcany na te rutynowe czynności. Bot ma też możliwość analizowania języka naturalnego i pozyskiwania informacji o studentach, jeżeli zdecydują się udostępnić swoje dane, co jak twierdzą twórcy robota, umożliwia zwiększenie interakcji między studentami i profesorami.

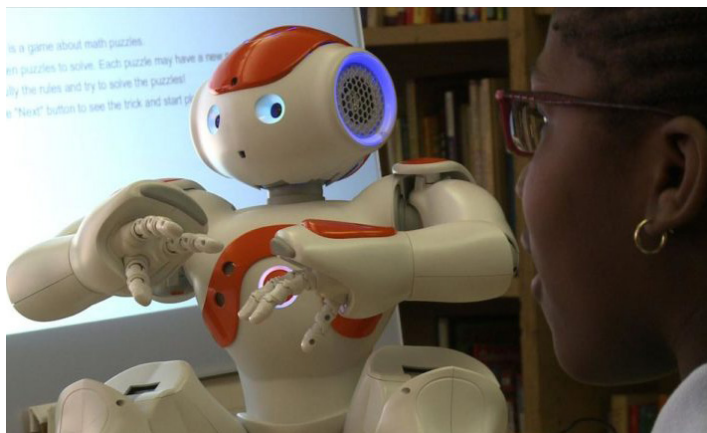
JILL WATSON jest zaprojektowany w taki sposób, aby można go było używać z każdym nowym kursem. Ma też możliwość przysyłania dokumentów takich jak sylabus i harmonogram. Jak do tej pory robota wykorzystano przy obsłudze 17 uniwersyteckich kursów.

Robot-rówieśnik czy robot-nauczyciel?

Naukowcy z Teachers College na Uniwersytecie Columbia prowadzili eksperyment, którego celem była pomoc uczniom w każdym wieku w wykrywaniu popełnianych przez nich błędów w matematyce i naukach ścisłych. Eksperyment opierał się na podstawowym spostrzeżeniu, że dzieci nie lubią przyznawać się do swoich błędów, ale lubią wytykać błędy komuś innemu.

GRAŻYNA GREGORCZYK

Mały humanoidalny robot o pseudonimie **PROJO** został zaprogramowany w ten sposób, aby podczas pracy z uczniami popełniał błędy matematyczne typowe dla uczniów, dzięki czemu dzieci, poprawiając go, lepiej uczyły się dostrzegać i naprawiać własne pomyłki.



Rysunek 3. Mylący się robot PROJO. Źródło: <https://bit.ly/3KqrkTK>

Co ciekawe, konstruktorzy zadbali o to, żeby maszyna zachowywała się jak rówieśnik, a nie nauczyciel, zachęcając w ten sposób uczniów do rozwiązywania zadań. PROJO pomagał także dzieciom w pracy zespołowej i ocenie ich osiągnięć.

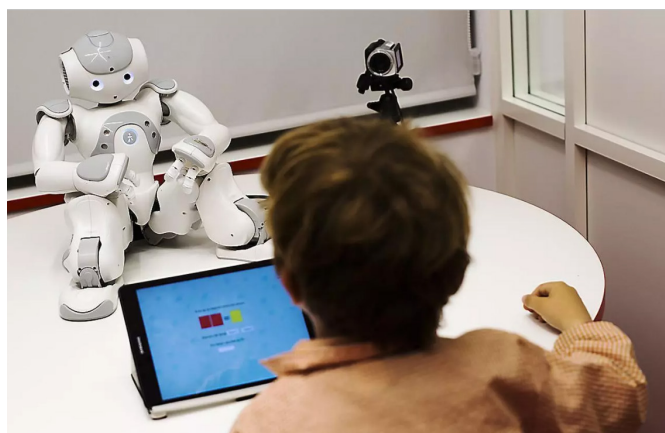
PROJO powstał jako narzędzie badawcze mające na celu sprawdzenie, czy **oprogramowanie sztucznej inteligencji działające w charakterze partnera ucznia jest skuteczniejsze niż naśladowanie pedagogów**. Zdaniem dr Sandry Okity, kierującej eksperymentem, relacja, w której program występuje w roli eksperta, nie skłania uczącego się do wymiany wielu informacji. *Ale jeśli zaprojektujesz go jako rówieśnika, wtedy uczniowie próbują rzucić mu wyzwanie lub spędzają więcej czasu, chcąc dowiedzieć się, czy AI ma rację.*

Zespół pod kierownictwem dr Okity zamierza stworzyć w ciągu najbliższych dwóch lat darmową aplikację PROJO, którą osoby prywatne lub nauczyciele będą mogli pobrać do własnego robota i używać go jako partnera ucznia w nauce matematyki czy języka.

Roboty humanoidalne – symbiotyczna interakcja człowiek – robot

Roboty humanoidalne, jak sama nazwa podpowiada, charakteryzują się wyglądem zbliżonym do człowieka. Niektóre z nich wyglądają niemal identycznie jak my. Roboty humanoidalne naśladowują nasze ruchy, gesty, a nawet mimikę. Niektóre potrafią odpowiadać nie tylko na proste, ale również nieco bardziej skomplikowane pytania.

Projekt **EASEL** (Expressive Agents for Symbiotic Education and Learning), realizowany na Uniwersytecie Pompeu Fabra w Barcelonie, badał i rozwijał teoretyczne zrozumienie symbiotycznej interakcji człowiek – robot (**HRSI** – Human-Robot Symbiotic Interaction). Przy czym symbioza była definiowana jako zdolność robota i człowieka do wzajemnego wpływu na siebie i zmiany swoich zachowań w różnych skalach czasowych (na przykład podczas spotkań i między spotkaniami).



Rysunek 4. EASEL – Robot jest moim nauczycielem
Źródło: <https://bit.ly/3CDpKMz>

Symbioza wymagała, aby robot potrafił odczytywać i reagować na zachowanie i stan emocjonalny użytkownika oraz odpowiednio dostosowywać do nich swoje działania.

Jeśli społeczeństwo nie chce zainwestować w wystarczającą liczbę ludzi pracujących w szkole, potrzebnych do uzyskania wysokiego poziomu zindywidualizowanego nauczania, uwzględniającego

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

różne sposoby uczenia się przez dzieci, to jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie zaawansowanej technologii – mówi koordynator projektu Paul Verschure, profesor kognitywistyki i neurorobotyki na wymienionym wyżej uniwersytecie.

Zespół badaczy opracował autonomicznego robota, w oparciu o naukowe teorie dotyczące umysłu i pracy mózgu, który mógł realizować zadania dydaktyczne, potrafił czytać, reagować na zachowanie i stan emocjonalny ucznia i odpowiednio dostosowywać swoje odpowiedzi.

*To unikatowe rozwiązanie, ponieważ robot jest autonomiczny. Uczy się od ucznia, dostosowuje do niego swój sposób komunikacji, aby uczeń mógł go zrozumieć. Dopiero wtedy może przekazać wiedzę zapisaną w systemie – mówi profesor Verschure, dodając, że **lekcje prowadzone przez robota są bezużyteczne, jeśli nie angażuje on swoich uczniów.***

Na wyróżnienie zasługuje również, realizowane w ramach projektu, badanie sposobów uczenia się przez dzieci. *Jeśli nie zrozumiemy, w jaki sposób dzieci uczą się, oraz nie poznamy ich indywidualnych cech, technologia nie rozwiąże problemu skutecznego nauczania – wyjaśniał profesor Verschure.*

W ramach projektu przeprowadzono eksperymenty polegające na nauczaniu fizyki przez roboty w sześciu szkołach podstawowych: w Holandii, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii. Uczestniczyło w nich około 200 uczniów w wieku 8-9 lat. Robot wcielał się w rolę trenera i instruktora uczniów, polecając im wykonywanie różnych zadań. Robot wykorzystywał do nauczania wirtualną i rozszerzoną rzeczywistość, zapewniając uczniom dodatkowe treści edukacyjne, oraz rejestrował to, co robiły dzieci, dzięki czemu mógł udzielać precyzyjnych informacji zwrotnych. Efekt nauczania został starannie przeanalizowany: zmierzono poziomy komunikacji, zdobyłą lub utraconą wiedzę, indywidualne cechy uczniów, a co najważniejsze,

wiarę uczniów we własne umiejętności uczenia się. Według naukowców ten ostatni element był kluczowy i okazał się ważniejszy w procesie nauczania niż pierwotnie przewidywano.

Reakcja na niewerbalne i wizualne wskazówki uczniów

Multimodalny system awatarów – znany jako **System DIANA** – został opracowany w Colorado State University. DIANA może jednocześnie słuchać, widzieć i interpretować oba zmysły. Integruje widzenie komputerowe i przetwarzanie języka naturalnego, dzięki czemu oba te elementy działają płynnie. Potrafi mówić i reagować na głos i gesty swojego ludzkiego partnera, a następnie wykonywać działania w środowisku symulacji 3D o nazwie VoxWorld.

System DIANA został tak zaprojektowany, że reaguje na niewerbalne i wizualne wskazówki uczniów. Obserwuje mimikę, charakter rozmów, spojrzeń oraz gestów uczniów i na tej podstawie analizuje, czy potrzebują pomocy, czy są skupieni lub rozproszeni. Odpowiednio reaguje, angażując ich w rozmowę albo przekazując informacje nauczycielowi, co jest szczególnie przydatne przy podziale uczniów na małe grupy, gdy nie ma możliwości skoncentrowania uwagi na wszystkich naraz.



Rysunek 5. Struktura i interfejs systemu DIANA. Źródło: <https://tiny.pl/w9gzf>, CC BY 4.0

Badacze chcą też nauczyć DIANĘ niezawodnego rozpoznawania twarzy, głosów, kolorów skóry, akcentów czy lokalnych dialektów. W tym celu planują zbieranie danych wizualnych i dźwiękowych z pięciu gimnazjów w Colorado.

GRAŻYNA GREGORCZYK

**Robotyka społeczna –
robotyka przyszłości**

Inżynierowie i badacze z różnych dziedzin na całym świecie, w tym w Polsce, pracują nad rozwojem nowej dziedziny – **robotyki społecznej**, umożliwiającej wykorzystanie robotów w leczeniu, a także codziennej pomocy ludziom.



Robotyka społeczna może przynieść korzyści osobom z niepełnosprawnością fizyczną, sensoryczną lub umysłową. Na przykład „inteligentni” asystenci osobiści pomogą uczniom wykonywać wiele zadań za pomocą poleceń głosowych. Będzie to szczególnie przydatne dla uczniów, którzy mają problemy z widzeniem ekranu lub pisanie na klawiaturze.

Rysunek 6. Robot NAO
Źródło: Wikimedia Commons,
<https://tiny.pl/w9gz5>, CC BY 0.1

Z robotów społecznych, takich jak np. humanoidalny **NAO** czy **KASPAR**, mogą korzystać dzieci chore na autyzm, które w naturalny sposób często interesują się technologiami i lubią roboty człeko-kształtne. Roboty humanoidalne dostarczają mniej bodźców niż człowiek, dlatego dla dzieci autystycznych komunikowanie z nimi jest łatwiejsze, bezpieczniejsze i ma działanie terapeutyczne.

KASPAR to robot humanoidalny, stworzony przez inżynierów z grupy Adaptive Systems Research Group na Uniwersytecie w Hertfordshire w Wielkiej Brytanii. Umie mrugać, poruszać głową, rękami i nogami. Na jego spokojnej, nieruchomej zazwyczaj twarzy mogą malować się tylko trzy emocje – radość, smutek i zaskoczenie. Jednak dla dzieci z autyzmem jest w sam raz, taki jak być powinien. Właśnie ta jego prostota i spokój sprawiają, że dzieci go akceptują. KASPAR będzie wykorzystywany również w Polsce. Projekt finansowany jest przez Unię Europejską w ramach programu Erasmus+, w jego realizację zaangażowane są uczelnie z Polski (Politechnika Gdańska), Wielkiej Brytanii, Niemiec oraz Turcji.



Rysunek 7. Spotkanie z naukowcami na Uniwersytecie w Hertfordshie. Ilustracja pochodzi z materiałów Politechniki Gdańskiej, zamieszczonych na stronie <https://tiny.pl/w9gz2>

Robotyka coraz szerzej wkracza do edukacji. Przykładów jest znacznie więcej. Roboty uczą języków obcych, wykorzystują kodowanie dotykowe, poprawiają koncentrację uczniów, wspomagają nauczanie inżynierii i matematyki. Na podstawie lekcji prowadzonych przez nauczyciela pomagają lepiej przyswoić wiedzę. Wspierają też najmłodszych z autyzmem i dzieci mające problemy z komunikacją.

Inteligentne roboty i platformy nie zastąpią nauczycieli, jednak na pewno w coraz większym stopniu będą wspomagać ich pracę.

Pandemia unaoczniała, że sztuczna inteligencja i robotyka mają olbrzymie znaczenie w edukacji. Kiedy zajęcia odbywają się online, połączenie sztucznej inteligencji i robotyki może dawać dzieciom dodatkowe wsparcie.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

BLOCKCHAIN – REWOLUCJA TECHNOLOGICZNA I JEJ ZASTOSOWANIE W EDUKACJI

Wiemy, że Blockchain jest najważniejszą technologią od czasu powstania Internetu i chcemy dać dostęp do niej dla najlepszych partnerów i szerszemu gronu.

Paweł Aleksander, dyrektor zarządzający i współzałożyciel firmy Coinfirm, światowego lidera w dziedzinie analityki blockchain oraz rozwiązań technologicznych usprawniających działanie usług finansowych

Większość ludzi kojarzy blockchain z kryptowalutami, takimi jak bitcoiny, tokeny i altcoiny, ale algorytm, którego używa ta technologia, można wykorzystać na wiele innych sposobów.

Blockchain stanowi **system rozproszonej bazy danych**, oparty na algorytmach matematycznych i kryptografii, który jest uważany za najbezpieczniejszą obecnie technologię zapisu i przechowywania danych.

Sama technologia nie jest nowa ani rewolucyjna. Za twórcę architektury blockchain uważa się powszechnie anonimową osobę lub grupę osób postępującą się pseudonimem Satoshi Nakamoto, dzięki której istnieje bitcoin oraz inne kryptowaluty. Nakamoto stworzył bitcoin, blockchain i kryptowalutę w 2009 roku.

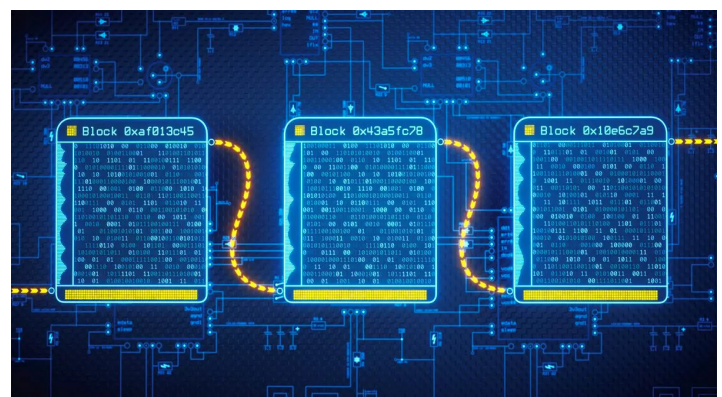
W tej zdecentralizowanej bazie dane umieszczane są w strukturach zwanych **blokami**. Połączone ze sobą bloki tworzą **łańcuchy** (blockchain w wolnym tłumaczeniu znaczy właśnie łańcuch bloków). Każdy z bloków łańcucha składa się z **danych**, które przechowuje, własnego „**hasha**”¹⁰ oraz „**hasha**” bloku poprzedniego. Hash pełni funkcję łąjącą i sprawia, że łańcuch bloków jest praktycznie niezmienny, dzięki czemu omawiana technologia jest tak bezpieczna.

Obecnie technologia blockchain jest najlepiej rozwinięta w obszarze finansów, ochrony danych, w sektorze publicznym, IT oraz opiece zdrowotnej, ze względu na poufny charakter danych gromadzonych przez te organizacje.

Można postawić pytanie, czy technologia, która zapoczątkowała cały ruch związany z kryptowalutami, będzie przydatna w edukacji?

Instytucje edukacyjne na świecie zwracają coraz większą uwagę na technologię blockchain, chociażby ze względu na to, że przechowują wiele wrażliwych danych, a blockchain gromadzi je w bezpieczny sposób.

W systemie edukacji technologia blockchain może także stanowić bezpieczny mechanizm weryfikacji tożsamości uczniów i studentów. Wielu formalności i metod uwierzytelniania, procedur, przez które np. studenci muszą przejść, próbując przenieść czy dodać zajęcia, można uniknąć dzięki technologii blockchain. Blockchain może również służyć do wydawania dyplomów. Poświadczenia i certyfikaty przechowywane w łańcuchu bloków stanowią realną i ekologiczną alternatywę na przykład dla papierowych kopii dyplomów. Z jej użyciem można będzie rejestrować i weryfikować referencje uczniów i studentów. W normalnych okolicznościach śledzenie osiągnięć uczniów za pomocą dostępnych narzędzi może być pracochłonne i kosztowne, blockchain staje się więc istotnym krokiem w kierunku optymalizacji kosztów, bezpieczeństwa i przejrzystości.



Rysunek 8. Schematyczne przedstawienie architektury blockchain
Źródło: <https://bit.ly/3q6cVmJ>

¹⁰ Hash to – w największym skrócie – krótki ciąg znaków przyporządkowany do zbioru danych o dowolnej wielkości.

GRAŻYNA GREGORCZYK

Eksperci zajmujący się tą tematyką uważają, że omawiana technologia może już wkrótce zrewolucjonizować rynek edukacji na całym świecie. Obecne wdrożenia technologii blockchain w obszarze edukacji są w fazie pilotażowej. Kilka organizacji znajduje się w początkowej fazie testowania, przyznawania certyfikatów, a inne akceptują płatności kryptowalutowe oparte na blockchain.

Z punktu widzenia edukacji istotną rolę odgrywa możliwość przechowywania zapisów certyfikatów i podpisów cyfrowych. W edukacji certyfikacja jest używana w wielu sytuacjach, na przykład jako dowód:

- osiągnięcia efektów uczenia się,
- kompetencji nauczyciela,
- przebiegu procesu uczenia się,
- spełnienia przez program nauczania czy kurs określonych kryteriów jakości,
- upoważnienia organu akredytującego do wydawania certyfikatów.

Zajmujący się tą technologią w kontekście edukacji zwracają uwagę na jeszcze jeden aspekt. Istniejące systemy referencyjne w znacznym stopniu faworyzują edukację formalną, utrudniając opracowanie wartościowych programów doskonalenia dla osób pracujących, które chcą pozyskiwać nowe kwalifikacje. Jednym z wyzwań dla osób pozostających poza formalną edukacją jest uzyskanie poświadczeń potwierdzających ich kwalifikacje zawodowe i doświadczenie zdobyte w trakcie pracy zawodowej. Blockchain umożliwi gromadzenie dowodów na trwający całe życie proces nauki przez praktykę, budowania umiejętności i wiedzy na podstawie różnych doświadczeń, a także kształtowania postaw i wartości.

Kolejną sprawą, jaka przychodzi na myśl w kontekście wykorzystania blockchaina w edukacji jest pomoc uchodźcom. Uchodźcy i osoby wysiedlone mają często trudność z podjęciem jakichkolwiek działań poza granicami swojego kraju z uwagi na brak dokumentów. Często nie mają oni danych potwierdzających tożsamość, w tym

podstawowych dokumentów identyfikacyjnych i edukacyjnych. Zapis i gromadzenie zmiennych danych pozwoli tym osobom uczyć się dalej i pracować w każdym innym kraju.

Poza tym jakie zmiany może przynieść blockchain światowej edukacji?

Technologia blockchain może dostarczyć nową jakość w usługach edukacyjnych, zapewniając bezpieczną i otwartą platformę współpracy oraz dostęp do zasobów edukacyjnych dla zainteresowanych stron.

W opracowaniach dotyczących technologii blockchain ich autorzy podają następujące, realizowane już, przykłady:

- Znaczące zwiększenie liczby otwartych kursów online (MOOCs), wspieranych przez kryptowaluty. Przykładem może być Institute of Blockchain Studies, amerykański naukowy instytut non-profit, badający możliwość zastosowania technologii blockchain w środowisku akademickim. Instytut stworzył system kursów otwartych i programów nauczania, opartych na tzw. *smart contracts*¹¹.
- Dzielenie się wiedzą. OpenCourseWare¹² – oddział Massachusetts Institute of Technology publikuje darmowe kursy w internecie, materiały z tysięcy kursów, obejmujące cały program nauczania MIT. Z kursów i materiałów korzystają miliony uczniów i nauczycieli na całym świecie, a ich autorzy wynagradzani są w tokenach¹³.
- Firma Sony opracowała cyfrowy system do przechowywania i zarządzania danymi edukacyjnymi, by zapewnić szkołom łatwy sposób udostępniania własnych poświadczeń i certyfikatów.

¹¹ **Smart contracts** – inteligentne kontrakty, inteligentne umowy to programy komputerowe, przechowywane w łańcuchu bloków, przeznaczone do zawierania cyfrowych umów i automatycznej weryfikacji spełnienia zawartych w nich określonych warunków.

¹² **MIT OpenCourseWare** – <https://ocw.mit.edu>

¹³ **Token to wirtualna waluta, reprezentująca kryptowaluty, zamienne, zbywalne aktywa lub narzędzia** rezydujące na ich własnych blockchainach.

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI ZMIENIAJĄ PRZYSZŁOŚĆ EDUKACJI

System wykorzystuje technologię blockchain do scentralizowanego przechowywania informacji edukacyjnych, takich jak stopnie naukowe, certyfikaty, dyplomy, testy itp.

- Wiele zagranicznych uczelni wyższych zaimplementowało technologię blockchain do zapisu osiągnięć studentów. Należą do nich m.in. szkoła inżynierii oprogramowania Holberton School z siedzibą w San Francisco czy Uniwersytet w Nikozji na Cyprze (UNIC), który, używając własnej platformy, akceptuje opłaty za naukę walutą bitcoin na każdym poziomie studiów i wydaje akademickie certyfikaty na blockchainie.

Mimo wczesnego stadium rozwoju coraz więcej instytucji edukacyjnych wykazuje zainteresowanie technologią blockchain. Niemniej jednak wciąż mamy do czynienia z brakiem świadomości oraz nieznaną korzyści społecznych i potencjału, jaki ze sobą niesie ta technologia. Blockchain może bowiem zmienić przyszłość edukacji i stać się podstawą do stworzenia otwartego i przejrzystego systemu nauczania. Jednak tylko w pełni otwarte implementacje blockchain mogą dać użytkownikom realną i prawdziwą wartość społeczną.

W Polsce również podejmowane są inicjatywy mające na celu rozwój technologii. W ramach programu „Od papierowej do cyfrowej Polski” działa grupa ekspercka Strumień Blockchain/DLT i Waluty Cyfrowe, która koncentruje się na budowaniu świadomości co do możliwości wykorzystania tej technologii w różnych dziedzinach, także w edukacji.

Oczywiście trzeba być świadomym, że technologie przyszłości, oprócz szans, przyniosą ze sobą także zagrożenia. Ale to już temat na zupełnie inny artykuł.

Można mieć tylko nadzieję, że sztuczna inteligencja, robotyka i technologia blockchain zapewnią prawdziwą wartość dodaną edukacji i, stwarzając bogate możliwości ciągłego postępu, doprowadzą ostatecznie do realnej, pozytywnej zmiany całego systemu oświaty. •

BIBLIOGRAFIA

Wszystkie adresy, do których jest odwołanie w artykule, były aktywne 24 sierpnia 2022 roku.

1. Brym-Ciuba P. *Trendy w EdTech – Jak Technologia Zmienia Przyszłość Edukacji*, <https://tiny.pl/w9gs3>
2. Czakon M. *Czego możemy uczyć się od robotów, czyli jak wykorzystać roboty w edukacji*, <https://tiny.pl/w9g6d>
3. *Edukacja przyszłości – co może czekać nas w 2040 roku?*, <https://tiny.pl/w9g6m>
4. Fazlagić J. [red.] *Sztuczna inteligencja (AI) jako megatrend kształtujący edukację. Jak przygotować się na szanse i wyzwania społeczno-gospodarcze związane ze sztuczną inteligencją?* Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa 2022.
5. Foong J. *How artificial intelligence is disrupting education*, <https://tiny.pl/w9g6n>
6. *Sztuczna inteligencja: szanse i zagrożenia*, <https://tiny.pl/w9g67>
7. *The Future of Jobs Report 2020*, <https://tiny.pl/rj3qs>
8. Wang H., Gaddy V., Beveridge J.R., Ortega F. *Building an Emotionally Responsive Avatar with Dynamic Facial Expressions in Human-Computer Interactions*, 2021, <https://tiny.pl/w9g6c>
9. Zawieska K., Sprońska A., Rynkiewicz K. *Modelowe programy edukacji w zakresie bezpiecznych zachowań z wykorzystaniem robotów społecznych. Raport z badań dla nauczycieli*, CIOP-PIB, Warszawa 2016.

GRAŻYNA GREGORCZYK – pracownik oświatowy, długoletni dyrektor Ośrodka Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów w Warszawie