

e-mentor

DWUMIESIĘCZNIK SZKOŁY GŁÓWNEJ HANDLOWEJ W WARSZAWIE
WSPÓŁWYDAWCA: FUNDACJA PROMOCJI I AKREDYTACJI KIERUNKÓW EKONOMICZNYCH

2023, nr 5 (102)



Dąbrowicz-Tlałka, S. (2023). Edukacja matematyczna na poziomie akademickim na kierunkach ścisłych i technicznych w dobie technologii mobilnych i sztucznej inteligencji. *e-mentor*, 5(102), 57–64. <https://doi.org/10.15219/em102.1636>



Anita
Dąbrowicz-
Tłałka

Edukacja matematyczna na poziomie akademickim na kierunkach ścisłych i technicznych w dobie technologii mobilnych i sztucznej inteligencji

Mathematical academic education in science and technical fields in the era of mobile technologies and artificial intelligence

Abstract

The development of technologies and solutions based on artificial intelligence offers an opportunity to help teachers and students develop and improve teaching and learning outcomes. There are many indications that software such as ChatGPT will soon become an accepted part of the technological toolset used by math teachers and students - we just need to learn how to use them safely and optimally. Integrating the use of digital technology into the teaching of mathematics at the academic level is a huge challenge. On the one hand, we have many tools at our disposal, which are often used more effectively by learners than teachers, on the other hand, shortcomings in knowledge and mathematical skills of candidates for studies require many changes in the curricula implemented in the classes. In the case of mathematics education at technical universities, this should encourage activities related to an in-depth analysis of the teaching methods used and the development of learning outcomes that will allow students not only to navigate efficiently in the digital world, but also to participate in its creation. The article presents the results of a survey conducted among first-year engineering students related to the use of applications and software supporting mathematics education. Examples of e-technologies used for learning and solving tasks by students were also shown, and certain threats and possibilities of their use were indicated. The need to modify programs and methods of teaching mathematics at the academic level was also signaled, to allow students to achieve learning outcomes with the optimal use of technology.

Keywords: mathematics education at the academic level, innovative education at the academic level, the usage of e-technology in education, methodology in academic mathematics teaching, use of AI in mathematics education

Wprowadzenie

Istnieją liczne koncepcje związane z procesem nauczania – uczenia się. Psychologowie edukacyjni zdefiniowali uczenie się na wiele sposobów i w różnych znaczeniach. Niezależnie, czy spojrzymy na edukację z perspektywy podaży i popytu (Plewka, 2019; Wallfisch i Wallfisch, 1979) czy relacji typu uczeń – mistrz (Pietrzykowski, 2022), to nauczanie można interpretować jako sekwencję działań, które mają wytworzyć uczenie się. Zdecydowanie nie jest to bierne przekazywanie informacji, ale angażowanie celem zbudowania motywacji do uczenia się i modyfikacji postaw (Sajdak-Burska, 2022).

Wśród kompetencji przyszłości kluczowe są kompetencje cyfrowe i techniczne oraz umiejętności kognitywne takie jak kreatywne i analityczne myślenie oraz czytanie, pisanie i matematyka (Leopold i in., 2023). Przekłada się to bezpośrednio na wymagania,

jakie przed absolwentami szkół wyższych stawia rynek pracy. Oznacza to również, że poszukiwani będą wysoko kwalifikowani absolwenci kierunków ścisłych i technicznych, którzy w swojej pracy aktywnie i jednocześnie skutecznie wykorzystają technologię. W aneksie przytoczone zostały sytuacje, w których błędy w nauczaniu matematyki mają istotny wpływ na życie każdego z nas (Tekst 1).

Umiejętności matematyczne stanowią istotny element kluczowych umiejętności poznawczych i niezbędne jest rzetelne monitorowanie efektów uczenia się matematyki. W Polsce przeprowadzane jest międzynarodowe badanie koordynowane przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju o nazwie PISA (Programme for International Student Assessment). Jego celem jest uzyskanie porównywalnych danych o umiejętnościach uczniów, którzy ukończyli piętnasty rok życia w zakresie czytania i interpretacji, matematyki i rozumowania w naukach przyrodniczych. Prowadzone są również analizy na podstawie egzaminów zewnętrznych z matematyki takich jak egzamin maturalny (więcej na temat egzaminu maturalnego w aneksie – Tekst 2). Niestety nie zawsze analizy te dają wyniki, które bezpośrednio przekładają się na poprawę jakości nauczania i organizacji systemów edukacyjnych (Baczko-Dombi, 2022).

Podstawowym problemem systemu egzaminacyjnego jest również brak stabilizacji wynikający z ciągłych zmian programowych, koncepcji egzaminów (...). W ciągu 20 lat funkcjonowania systemu egzaminów Ministerstwo Edukacji Narodowej nie dokonało jego oceny merytorycznej (pod względem dydaktycznym i psychometrycznym). Również CKE nie przeprowadziła jej w trakcie dwóch dekad, co więcej, nie wykonywała w latach 2009–2015 statutowego obowiązku przeprowadzania corocznej ewaluacji egzaminów zewnętrznych. (Zaleski-Ejgierd, 2020, s. 68)

Dla nauczycieli akademickich prowadzących zajęcia na kierunkach ścisłych i technicznych edukacja matematyczna na początkowych etapach studiów może być powodem troski oraz wiąże się z koniecznością zaplanowania uzupełniania luk edukacyjnych. To wyzwanie, które może wymagać zindywidualizowanego podejścia do studentów i wyznaczania różnorodnych ścieżek edukacyjnych prowadzących do realizacji zaplanowanych efektów uczenia się.

Uczelnie muszą brać pod uwagę również skutki zmian demograficznych. Kadra akademicka, dbając o wysoką jakość kształcenia i poziom badań naukowych, musi dostosować ofertę studiów do potrzeb pracodawców i zainteresowań kandydatów. Zmniejszająca się w latach akademickich 2015/16–2019/20 liczba studentów (Rysunek 1 – aneks) mogła stanowić na uczelniach pokusę zmniejszania wymagań związanych z osiąganymi przez studentów efektami uczenia się.

Na poziomie akademickim nie ma egzaminów zewnętrznych z matematyki (czyli takich, które oceniają osiągnięcie efektów uczenia się niezależnie od uczelni oraz nauczycieli akademickich prowadzących przedmiot). Zatem to na innych zajęciach wykorzystujących tę dziedzinę wiedzy następuje dodatkowa weryfikacja efektów uczenia się tego przedmiotu. Pozycja absolwenta danego kierunku na rynku pracy jest też pośrednim miernikiem sukcesu edukacyjnego z matematyki (Grotkowska i Gaik, 2019). Równocześnie to rynek pracy wpływa na decyzje maturzystów o wyborze kierunków ścisłych i technicznych, które niekoniecznie są zgodne z ich zainteresowaniami i predyspozycjami.

Pokolenie urodzone pomiędzy rokiem 1995 a 2012 (tzw. generacja Z) jest pierwszym, które dorastało w scyfryzowanym społeczeństwie. Ma ono wyjątkową zdolność do swobodnego poruszania się i funkcjonowania w dwóch światach jednocześnie – w świecie online i offline (Sawyer, 2021). Zatem wykorzystanie technologii oraz wszechobecnego dostępu do internetu wydaje się być naturalnym wsparciem dla studentów w osiąganiu efektów uczenia się. Nie można jednak podchodzić bezkrytycznie do stosowania nowych technologii w edukacji matematycznej w szkolnictwie wyższym. Należy w nich dostrzegać nie tylko możliwości, ale i zagrożenia (Smahel, 2020).

Poszukiwanie metodycznych i technologicznych pomysłów na podniesienie poziomu edukacji matematycznej

Wszyscy jesteśmy zanurzeni w cyfrowym środowisku i granice między tym, co jest dostępne w realu, a tym co jest dostępne w cyfrowym środowisku zacierają się. Technologiczne rozwiązania związane z edukacją matematyczną to nie tylko aplikacje np. Photomath (<https://photomath.com/en/help/what-is-photomath>) czy Symbolab (<https://www.symbolab.com/>), ale i całe platformy typu Khan Academy (<https://pl.khanacademy.org>) czy środowiska zanurzone w wirtualnej rzeczywistości jak Mathletics (<https://www.mathletics.com/uk>).

Z jednej strony najnowsze technologie takie jak rzeczywistość wirtualna (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR) oferują szereg korzyści nie tylko dla zdalnej, ale i dla tradycyjnie prowadzonej edukacji na poziomie akademickim. Na przykład nauczanie takich pojęć jak własności pól skalarnych czy wektorowych lub wzajemnego położenia powierzchni nie jest możliwe w nauczaniu tradycyjnym w takim zakresie, jak z narzędziami wizualizacyjnymi oferowanymi przez technologię 3D (Rysunek 2 – aneks).

Z drugiej strony wielu badaczy wskazuje, że technologia bardzo zmienia procesy poznawcze dzieci i młodzieży i ma zdecydowany wpływ na ich kształtowanie i rozwój obejmujący również zachowania społeczne (Alho i in., 2022). Zatem nauczanie z wykorzystaniem

technologii może wymagać modyfikacji metod oraz programów (Sysło, 2019). Więcej na temat zachęt do osiągania celów, przyciągania i zatrzymywania uwagi uczącego się w aneksie (Tekst 3).

Przykładem możliwości połączenia technologii z edukacją matematyczną jest budowanie koncepcji powierzchni w przestrzeni trójwymiarowej (czyli rozumienia powiązań pomiędzy wzorem i jego parametrami mającymi wpływ na modyfikację położenia powierzchni w przestrzeni trójwymiarowej) wraz z wykorzystaniem podstaw programowania oraz możliwości, jakie stwarza druk 3D. Daje to nie tylko szansę na zrozumienie pojęć, ale i na wskazanie wymagań związanych z rozwiązaniami technologicznymi (druk 3D możliwy jest tylko przy odpowiednim położeniu tworzonego obiektu – Rysunek 3 – aneks). Powiązanie teorii z zakresu matematyki z praktyką w zakresie technologii pozwoli na wytworzenie produktu, który może być np. częścią urządzenia. Znane są również przykłady zaprzęgnięcia technologii do grywalizacji przedmiotów matematycznych (Ortiz i in., 2022) oraz mobile learningu (Etcuban i Pantinople, 2018).

Od końca 2022 roku wiele mówi się o systemach GPT (Generative Pre-trained Transformer), takich jak ChatGPT OpenAI oraz o możliwym wpływie tej technologii na edukację (Azaria, 2022). W przypadku przedmiotów humanistycznych systemy te mają już bezpośredni wpływ na zmiany w edukacji oraz mechanizmy pozwalające na badanie i ocenianie osiągnięć edukacyjnych (Atlas, 2023). Uczeń bada złożone powiązania innowacji technologicznych ze zmianami zachodzącymi w procesie nauczania i uczenia się (Howard i in., 2019).

Wprowadzanie innowacji pedagogicznych w kształceniu na poziomie akademickim nie oznacza tylko posługiwania się najnowszymi technologiami, ale powinno opierać się na korzystaniu z najnowszych badań pedagogiki i psychologii dotyczących konstruowania procesu kształcenia poszerzonego o środowisko wirtualnej rzeczywistości (Miranda i in., 2021; Tekst 4 – aneks).

Od 2019 roku Microsoft angażuje poważne siły i środki w rozwój sztucznej inteligencji, czego wyrazem jest współpraca z OpenAI (firma odpowiedzialna za ChatGPT). Więcej o zastosowaniu programu ChatGPT w nauczaniu przeczytać można w aneksie – Tekst 5. Nauczycielom akademickim zdecydowanie polecana jest najnowsza (odpłatna) wersja ChatGPT 4, który jest tzw. modelem multimodalnym. Oznacza to, że może przyjmować oprócz tekstu inne typy danych – obrazy, dźwięki, animacje czy filmy wideo, co pozwala lepiej zrozumieć kontekst i zadanie. Na przykład sztuczna inteligencja nowej generacji łączy umiejętności językowe ChatGPT z umiejętnościami matematycznymi Wolfram Alpha.

Wielu użytkowników programu ChatGPT twierdzi, że jedną z zalet wyszukiwania poprzez zadawanie pytań jest to, że możemy uzyskać „szybką” i „przekonującą” odpowiedź, która najprawdopodobniej jest oparta na analizie informacji z różnych źródeł. Oznaczać to może bezkrytyczne zaufanie do ChatGPT

wynikające np. z braku świadomości potrzeby weryfikacji wiedzy i informacji w różnych źródłach. Za taki stan rzeczy odpowiada m.in. niewystarczający nacisk kładziony na kształtowanie u młodych ludzi umiejętności krytycznego myślenia opartego na rzetelnej wiedzy. W jak dużym zakresie możemy określać, czy informacje wygenerowane przez ChatGPT są poprawne? Czy potrafimy zweryfikować autorstwo projektu lub rozwiązania zadania domowego? Na to pytanie nie ma niestety prostej odpowiedzi. Żadne z obecnie znanych rozwiązań technologicznych nie daje nam stuprocentowej pewności, że w każdym przypadku jesteśmy w stanie stwierdzić czy sztuczna inteligencja nie wspierała lub nie zastępowała domniemanego twórcy danej pracy. Dotyczy to nie tylko tekstu, ale i obrazów oraz dźwięków.

Jesteśmy w sytuacji, gdy niezbędna jest otwarta wymiana doświadczeń i konsolidacja środowiska akademickiego zaangażowanego edukację. Konieczność weryfikacji źródeł wiedzy i umiejętność krytycznego myślenia powinny teraz stawać się bardzo istotnym elementem budowania umiejętności cyfrowych (Nalaskowski, 2023).

W aneksie (Rysunek 4) przedstawiono przykłady pytań z różnych dziedzin wiedzy wraz z wygenerowaną przez AI odpowiedzią.

Przykłady technologii wykorzystywanych w edukacji matematycznej

Profesjonalne oprogramowanie do obliczeń symbolicznych czy inżynierskich typu MATLAB, Mathematica czy Maple znane są już nauczycielom akademickim od wielu lat. Niestety wymagają one od studentów umiejętności z zakresu matematyki i podstaw programowania (Rysunek 5 – aneks), aby otrzymać rozwiązanie zadania. Dodatkowo interpretacja otrzymanego wyniku często też wymaga dodatkowej wiedzy. Początkującemu studentowi posiadającemu deficyty w wiedzy matematycznej tego typu oprogramowanie nie pozwala na intuicyjne i proste wprowadzenie treści zadania i odczytanie w jasnej formie pełnej odpowiedzi czy wskazówek dotyczących rozwiązania problemu matematycznego.

Na odpowiedź ze strony rynku technologicznego związaną z zapotrzebowaniem na intuicyjnie obsługiwane programy wspierające rozwiązywanie zadań z matematyki przez początkujących adeptów tej dziedziny wiedzy nie trzeba było długo czekać. Pojawiło się wiele aplikacji mobilnych, które interpretują treść zadania i wyświetlają rozwiązanie na podstawie jego zdjęcia wykonanego smartfonem. Przykładem może być niezwykle popularna wśród uczniów i studentów aplikacja Photomath (Rysunek 6 – aneks).

Sztuczna inteligencja pojawiła się jako siła mająca bezpośredni wpływ na różne dziedziny życia, a edukacja nie jest tu wyjątkiem. Jedną z jej kluczowych zalet w nauczaniu matematyki jest możliwość oferowania spersonalizowanych doświadczeń edukacyjnych. Tradycyjne zajęcia często opierają się na uniwersalnym podejściu, w którym nauczyciele uczą we wcześniej

ustalonym tempie. W efekcie niektórzy uczniowie nie są w stanie pokonać trudności w rozumieniu pojęć matematycznych, podczas gdy inni się nudzą. Platformy oparte na sztucznej inteligencji, takie jak Khan Academy i Smartick (<https://www.smartick.com>) dzięki algorytmom uczenia maszynowego rozwiązują ten problem. Analizują one ogromne ilości danych w celu oceny mocnych i słabych stron poszczególnych osób uczących się oraz dostarczają dostosowane treści i ćwiczenia w celu zaspokojenia konkretnych potrzeb.

Dodatkowo aplikacje VR i AR zapewniają atrakcyjne wizualnie reprezentacje abstrakcyjnych pojęć matematycznych. To praktyczne doświadczenie sprawia, że matematyka jest bardziej namacalna i łatwiejsza do zrozumienia.

Platformy takie jak Prodigy (<https://www.prodigygame.com/main-en>) i Mathletics wykorzystują algorytmy sztucznej inteligencji np. do zapewniania interaktywnych i przypominających gry doświadczeń, przekształcając rozwiązywanie zadań w przyjemne i wciągające zajęcie.

Systemy korepetycji oparte na sztucznej inteligencji, takie jak MATHia (<https://www.carnegielearning.com/solutions/math/mathia>) firmy Carnegie Learning zapewniają zindywidualizowane wskazówki i całodobowe wsparcie w trakcie nauki. Analizują one za pomocą algorytmów adaptacyjnych odpowiedzi udzielane przez uczących się, identyfikują błędy i oferują ukierunkowane informacje zwrotne oraz wskazówki. Studenci mogą ćwiczyć z szeroką gamą zestawów problemów generowanych przez sztuczną inteligencję, które obejmują różne poziomy trudności i scenariusze. Dodatkowym atutem jest natychmiastowa informacja zwrotna pomagająca lepiej zrozumieć proces rozwiązywania problemów.

Singapurski start-up Higgz Academia Technology Pte (<https://www.bloomberg.com/profile/company/2252540D:SP>) od 2022 roku przygotowuje kompleksowe oprogramowanie oparte na AI związane z edukacją matematyczną na poziomie szkolnym skierowane do niższych poziomów edukacji. Ma ono docelowo stać się standardowym wsparciem dla nauczycieli i uczniów na zajęciach z matematyki w szkołach.

Tego typu aplikacje tworzące adaptacyjne i dynamiczne środowiska uczenia się mogą być również bardzo dobrym wsparciem dla studenta, który zmagają się z trudnymi dla niego zadaniami na zajęciach z matematyki. O tym, jak tego typu rozwiązania może wykorzystać nauczyciel akademicki więcej w aneksie (Tekst 6).

W grudniu 2022 roku ChatGPT został przetestowany pod kątem arkusza egzaminacyjnego międzynarodowej matury na poziomie standardowym (SL). Uzyskał wynik 49/90, ale musiał pominąć dwa pytania, ponieważ wymagały one rozpoznania diagramu i popełnił szereg poważnych błędów w kilku innych. Nie zmienia to faktu, że ChatGPT wykazał swój potencjał do skutecznego wykorzystania w naukach matematycznych oraz wydaje się, że niebawem będzie w stanie przeprowadzić logiczną analizę zadania

i dostarczyć w wielu przypadkach prawidłowego rozwiązania (Rysunek 7 – aneks).

Otwarty dostęp do informacji i narzędzi pozwalających na rozwiązywanie zadań matematycznych powoduje, że ważne staje się nie zapamiętywanie czy posiadanie pewnych umiejętności rachunkowych, ale rozumienie pojęć i umiejętność ich logicznego i prawidłowego zastosowania oraz krytyczna ocena źródeł wiedzy. A uczenie oraz uczenie się matematyki w takiej rzeczywistości jest nowym wyzwaniem.

Efektywne metody nauczania matematyki to nie tylko technologia

Wiele lat temu zauważono, że technologia, systemy eksperckie oraz sztuczna inteligencja mogą zrewolucjonizować edukację matematyczną (Dąbrowicz-Tłałka, 2015; Lavicza, 2010). Potrzebna jest jednak dyskusja na temat modyfikacji programów oraz metodyki nauczania matematyki na poziomie akademickim.

Tak jak Wolfram Alpha czy Microsoft Excel są powszechnie stosowanymi rozwiązaniami na zajęciach ze studentami, tak systemy oparte na sztucznej inteligencji ostatecznie staną się częścią zestawu narzędzi wykorzystywanych w edukacji matematycznej. Możemy się wkrótce spodziewać bardziej wyrafinowanych wirtualnych nauczycieli, chatbotów i inteligentnych platform edukacyjnych. Sztuczna inteligencja może ułatwić społecznościowe uczenie się, łącząc uczniów z rówieśnikami na całym świecie. Umożliwi to również wymianę pomysłów na wykorzystanie AI w edukacji przez nauczycieli oraz spopularyzuje metody wykorzystania sztucznej inteligencji do rozwiązywania różnorodnych problemów matematycznych.

Takie serwisy jak YouTube czy TikTok pokazują możliwości oraz zasięg w przekazywaniu informacji. Nauczyciele akademicy bardzo często stykają się z problemami, jakie stwarza bezpośredni dostęp do materiałów o nikłej użyteczności związanych z edukacją matematyczną.

Jeżeli mówimy o recenzowanych, dostępnych online zasobach (również na urządzeniach mobilnych), to na wyróżnienie zasługują e-podręczniki AGH (<https://epodreczniki.open.agh.edu.pl>). Są to publikowane na otwartych licencjach źródła wiedzy, które pozwalają nauczycielom i studentom na tworzenie spersonalizowanych materiałów dydaktycznych. Podręczniki są sukcesywnie rozbudowywane, treści w różnych zasobach aktywnie ze sobą powiązane, a mechanizmy wyszukiwania – coraz bardziej zaawansowane. To nie tylko podstawa do zdobycia rzetelnej wiedzy, ale też możliwość pokazania studentom dobrych praktyk w zdobywaniu informacji w wirtualnym świecie i tworzenie standardów w opracowywaniu materiałów edukacyjnych.

Dobrą praktyką byłoby opracowywanie przez zespoły ekspertów pakietów zadań oraz metod ich rozwiązania z wykorzystaniem wybranych aplikacji, przygotowywanie wizualizacji problemów i zagadnień teoretycznych czy przekształceń symbolicznych. Cho-

dzi o stwarzanie szerokich możliwości projektowania zajęć angażujących oraz wymagających od studentów wykazania się umiejętnością logicznego myślenia (Rysunek 8, Rysunek 9 – aneks). Takie wsparcie dla nauczycieli powinno być standardem (Rahadyan i Kurniawan, 2023).

Wobec możliwości wykorzystania aplikacji typu Photomath, standardowo sformułowane zadania (nawet typu generatorowego), np. „rozwiąż równanie”, „wyznacz promień zbieżności szeregu”, „oblicz całkę” nie są już skutecznym narzędziem weryfikacji efektów uczenia się (Rysunek 10 – aneks). Dlatego wyzwaniem jest innowacyjne opracowywanie treści zadań tak, aby ich rozwiązanie jak najlepiej pokazywało proces rozumowania studentów. Ocenie bezwzględnie powinna podlegać poprawność wyboru poszczególnych etapów rozwiązania problemu, a nie tylko otrzymany wynik (Stańdo i in., 2009).

Zwróćmy uwagę, że uczący oraz uczący się to dwa różne pokolenia i nie ma co ukrywać, że uczący mają nie tylko trudności z efektywnym korzystaniem z oprogramowania czy aplikacji, ale i wyborem odpowiednich rozwiązań technologicznych. Oznacza to potrzebę kształtowania krytycyzmu przy doborze narzędzi informatycznych oraz konieczność weryfikacji otrzymanego rozwiązania problemu inżynierskiego. Uzyskane za pomocą oprogramowania obliczenia mogą mieć bezpośredni wpływ np. na zdrowie i życie użytkowników konstruowanych urządzeń czy tworzonych aplikacji. Ponieważ cyfryzacja wpływa na każdą płaszczyznę naszego życia, to ten aspekt edukacji matematycznej nabiera obecnie dużego znaczenia.

Preferowane aplikacje wykorzystywane przez studentów na podstawie własnych badań ankietowych

Zauważmy, że dla studentów kalkulator przestaje być podstawowym narzędziem technologicznym wspierającym obliczenia rachunkowe. Młodzi ludzie mają ogromne doświadczenie w korzystaniu z prostych aplikacji do obliczeń lub wykonywania wizualizacji (typu Wolfram Alpha). Dla wielu jest to podstawowe narzędzie wspierające edukację matematyczną, do którego często mają bezgraniczne zaufanie.

Od roku 2019/2020 w ramach wykładu z matematyki na pierwszym roku polskojęzycznych studiów inżynierskich na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej przeprowadzane są badania ankietowe dotyczące wykorzystania przez studentów aplikacji oraz oprogramowania do obliczeń matematycznych. W badaniu w roku akademickim 2022/2023 wzięło udział 179 respondentów, którzy w formule online, poza zajęciami, udzielili odpowiedzi. Wybrano grupę studentów z kierunków, na których średnie wyniki obowiązkowego egzaminu maturalnego z matematyki na poziomie podstawowym były podobne. Wybór tego poziomu matury wynikał z dostępności danych dla całej grupy respondentów. Analiza wyników z roku akademickiego 2022/2023 jest podstawowa. Metodo-

logia badania przeprowadzanego w roku akademickim 2023/2024 będzie już pozwalała na głębszą analizę oraz zaawansowane podsumowanie badań.

Studenci odpowiadali m.in. na pytanie: „Czy na lekcjach w szkole wykorzystywane były aplikacje do nauki matematyki?” (tutaj do wyboru były dwie pozycje – Tak/Nie) oraz poproszono ich: „Wybierz aplikację, z której najczęściej korzystasz w trakcie samodzielnej nauki matematyki” (tutaj były zaproponowane nazwy aplikacji oraz pozycja przeznaczona na wpisanie nazwy oprogramowania, które nie zostało wymienione w ankiecie). Wyniki wskazują, że odsetek aktywnych użytkowników narzędzi technologicznych w trakcie nauki matematyki jest coraz większy (Rysunek 11 – aneks).

Na początku semestru nie korzystało z żadnych aplikacji w czasie nauki matematyki prawie 35% studentów, zaś pod koniec drugiego semestru odsetek ten spadł poniżej 2%. Dodatkowo w ciągu całego roku akademickiego znacząco wzrósł odsetek użytkowników Wolfram Alpha – od prawie 4 procent do ponad 35%. Ten wzrost może wynikać z tego, że Photomath ma ograniczone możliwości w rozwiązywaniu zadań matematycznych na poziomie akademickim. Mimo że interfejs użytkownika Wolfram Alpha nie jest dostępny w języku polskim, to studenci szybko pokonują tę trudność. W przypadku kierunków, na których przeprowadzono badanie ankietowe, zajęcia z matematyki uzupełniane są o możliwość wykorzystania materiałów edukacyjnych zamieszczonych na stronie <https://cm.pg.edu.pl/en/mathematics> skierowanej do studentów anglojęzycznej specjalności Green Technologies Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej.

W wynikach badań ankietowych (Rysunek 11 – aneks) widać znaczącą przewagę aplikacji prostych w obsłudze (czyli np. wykorzystujących zdjęcie treści zadania wykonane za pomocą telefonu) i stosowanych na niższych etapach edukacji matematycznej.

Należy dodać, że producenci profesjonalnego oprogramowania do obliczeń oraz wizualizacji wprowadzają sukcesywnie rozwiązania, które powodują, że dane narzędzie technologiczne jest bardziej przyjazne nawet dla niezbyt biegłego w umiejętnościach matematycznych oraz technologicznych użytkownika. Na przykład zapisywanie wzorów i symboli matematycznych w Wolfram Alpha nie wymaga już zaawansowanej znajomości poleceń LaTeX (Rysunek 12 – aneks). Co więcej – program oferuje nie tylko odpowiedź, ale pozwala na zapoznanie się z etapami rozwiązania i interpretacją graficzną oraz umożliwia wyświetlanie dodatkowych informacji związanych z danym problemem.

Prowadzone od 2019 roku badania własne autorki wskazują, że Photomath jest nie tylko najpopularniejszym narzędziem wykorzystywanym przez uczniów do rozwiązywania zadań, ale jest ono wybrane przez nich samodzielnie. Aplikacja ta nie jest stosowana na lekcjach matematyki w szkole, a mimo to stała się dla uczniów nieodłącznym wsparciem podczas odrabiania zadań domowych czy na zajęciach w formule zdalnej. Pojawiły się już opracowania związane

z zastosowaniem aplikacji Photomath (Zain i in., 2023) oraz innych narzędzi możliwych do wykorzystania za pomocą smartfona bezpośrednio na zajęciach z matematyki (Emre-Akdoğan, 2023). Wynika z nich, że aplikacje te mogą mieć duży potencjał, który wymaga innowacyjnego podejścia do metod osiągnięcia efektów uczenia się.

We wspomnianym badaniu ankietowym przeprowadzonym przez autorkę na początku roku akademickiego 2022/2023 tylko 14% respondentów wskazało, że na ich lekcjach matematyki w szkole były wykorzystywane aplikacje wspierające nauczanie tego przedmiotu. Dodatkowo nauczyciele sięgali po gotowe aplety Geogebra (<https://www.geogebra.org/?lang=pl>). Warto też zauważyć, że wykorzystanie Geogebra w czasie semestru już na studiach spadło – z 5,6% do 2,5%.

Studenci wymieniali również portal Khan Academy, który opisuje swój profil działalności: „Jesteśmy organizacją non-profit. Naszą misją jest zapewnienie wszystkim, wszędzie i zawsze darmowej edukacji na wysokim poziomie” (<https://pl.khanacademy.org>). Na polskiej stronie platformy materiały tłumaczą lub tworzą na licencji CC osoby mające stopień naukowy. Materiały złożone są z filmów, ćwiczeń i artykułów wspomagających naukę matematyki (również na poziomie studiów stopnia pierwszego).

eTechnologie stały się we współczesnym świecie ważnym filarem procesu edukacji i wychowania młodego pokolenia (Cęcelek i Gogolewska-Tośka, 2022). Wyniki badań ankietowych mogą sygnalizować, że niewielki odsetek studentów miał możliwość poznania w szkole różnorodnych, ale zweryfikowanych przez nauczyciela, narzędzi technologicznych do rozwiązywania problemów matematycznych.

Pytania ankietowe dotyczące różnorodnych metod wykorzystania aplikacji i oprogramowania do obliczeń oraz wizualizacji powinny być również skierowane do nauczycieli akademickich. Uzyskane w ten sposób informacje o dobrych praktykach należy badać oraz, w przypadku wykazania ich skuteczności, szeroko popularyzować. Oznacza to nie tylko potrzebę przekazywania informacji, organizowania szkoleń czy doceniania innowacyjnych metod prowadzenia zajęć z matematyki, ale również wspierania badań naukowych w tym zakresie.

Podsumowanie

Trwająca od ponad 10 lat tzw. czwarta rewolucja przemysłowa, dzięki coraz szerszemu wykorzystaniu sztucznej inteligencji powoduje zmiany w postrzeganiu i dostarczaniu informacji. Wdrożenie technologii Przemysłu 4.0 implikuje poważne zmiany w wymaganiach stawianych pracownikom, którzy komunikować się będą za pośrednictwem sieci nie tylko ze sobą nawzajem, ale także z inteligentnymi systemami i ich produktami. Nowe zawody wymagają ukierunkowania kształcenia na określone kompetencje takie jak analityczne myślenie, innowacyjność, umiejętność uczenia się i kompleksowego rozwiązywania problemów, umiejętność korzystania z technologii (Dębowska

i in., 2022). Przy czym w internecie nie tylko my „poznajemy”, ale jesteśmy też „poznawani” przez programy oparte na *big data*. Świadomość, że AI może samodzielnie tworzyć informacje powoduje, że należy krytycznie podchodzić do informacji sugerowanej przez systemy i musimy tego nauczyć studentów. Powinno to mieć bezpośredni wpływ na określanie efektów uczenia się (Martínez-Sevilla i Alonso, 2022).

Matematyka jest kluczowym przedmiotem na uczelniach technicznych, który sprawia studentom wiele trudności. Edukacja matematyczna na poziomie akademickim nie może być sprowadzana do nauki stosowania wzorów czy poprawnego wykonywania wykresów. Opracowane efekty uczenia się powinny łączyć możliwości, jakie stwarza technologia z innowacyjnymi metodami, jakie oferuje współczesna pedagogika. Ogromne znaczenie ma rzetelne badanie metod oceniania i danych związanych z osiąganymi przez studentów efektami uczenia się matematyki. Ważne jest, aby zrozumieć, czy i w jaki sposób narzędzia technologiczne mogą pomóc im w osiągnięciu efektów uczenia się i zapewniać odpowiednie wsparcie (Viberg i in., 2020).

Trzeba też pamiętać, że technologia w połączeniu z solidną pedagogiką powinny rozwijać takie umiejętności studentów jak krytyczne myślenie czy dbałość o poprawną analizę danych (Viberg i Mavroudi, 2018). Wiemy, że szukając w sieci wiadomości na dany temat, każdy widzi odmienne obrazy rzeczywistości zasugerowane przez algorytmy wyszukiwarek. Przeformułowania wymaga więc myślenie o nauczaniu jako przekazywaniu wiedzy na rzecz rozwoju samodzielności studentów i kształtowania umiejętności krytycznego rozumienia informacji, mediów oraz kontekstów, w jakich one funkcjonują. Zwróćmy uwagę, że procesy masowego rozprzestrzeniania się informacji i niekontrolowany dostęp do wielu jej źródeł sprawiają, że osłabieniu ulegają poznawcze mechanizmy merytorycznej oceny, a te wiarygodne i rzetelne mogą być zmarginalizowane przez treści o wątpliwej wartości (Stefanowicz, 2010). Wiedza z tego aspektu wykorzystania technologii w edukacji matematycznej wymaga popularyzacji wśród nauczycieli akademickich.

Wypracowane tradycyjne metody uczenia i weryfikacji wiedzy nie przystają do wypełnionej technologią rzeczywistości, w której przebywają studenci. Dostępność aplikacji mobilnych oraz łatwość ich wykorzystania jest ogromną pokusą. Ale tylko stosowanie technologii w nierozzerwalnym związku z opracowywaniem optymalnych metod osiągnięcia efektów uczenia się może przynieść dobre efekty i podnieść samoświadomość młodych ludzi w zakresie bezpiecznego poruszania się w scyfrizowanej rzeczywistości.

Oprogramowanie do obliczeń inżynierskich czy aplikacji oparte na sztucznej inteligencji będą najbardziej przydatne dla tych, którzy wiedzą, jakie pytania należy zadawać, jak zidentyfikować niedociągnięcia oraz poprawnie zinterpretują wygenerowane odpowiedzi.

Edukatorzy prowadzący zajęcia z matematyki na poziomie akademickim stoją przed wyzwaniem związanym z dostosowaniem metodyki oraz narzędzi

technologicznych wykorzystywanych w pracy dydaktycznej i przeanalizowaniem zakresu przedmiotowych treści merytorycznych oraz planowanych do osiągnięcia efektów uczenia się.

Aneks jest dostępny w internetowej wersji czasopisma.

Bibliografia

Alho, K., Moisola, M. i Salmela-Aro, K. (2022). Effects of media multitasking and video gaming on cognitive functions and their neural bases in adolescents and young adults. *European Psychologist*, 27(2), 131–140. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000477>

Atlas, S. (2023). *ChatGPT for higher education and professional development: A guide to conversational AI*. https://digitalcommons.uri.edu/cba_facpubs/548

Azaria, A. (2022). *ChatGPT usage and limitations*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26616.11526>

Baczko-Dombi, A. (2022). Edukacja matematyczna w Polsce w świetle badań i wyników egzaminów zewnętrznych – wybrane aspekty społeczne. *Studia BAS*, 2(70), 95–117. <https://doi.org/10.31268/StudiaBAS.2022.14>

Cęcelek, G. i Gogolewska-Tońska, M. (2022). Rola edukacji medialnej w procesie przygotowania dzieci i młodzieży do racjonalnego korzystania z przestrzeni wirtualnej. *Kultura i Wychowanie*, 21(1), 37–55.

Dąbrowicz-Tlalka, A. (2015). Technologia w nauczaniu matematyki. W: U. Kornas-Krzyżkowska (red.), *Bez matematyki kariery nie zrobisz* (s. 57–62). Centrum Edukacji Nauczycieli w Gdańsku.

Dębowska, K., Klosiewicz-Górecka, U., Szymańska, A., Ważniewski, P. i Zybortowicz, K. (2022). *Kompetencje pracowników dziś i jutro*. Polski Instytut Ekonomiczny. https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2022/04/PIE_Raport_Kompetencje-pracownikow-dzis-i-jutro.pdf

Emre-Akdoğan, E. (2023). Examining mathematical creativity of prospective mathematics teachers through problem posing. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 42(2), 150–169. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrac006>

Etuban, J. O. i Pantinople, L. D. (2018). The effects of mobile application in teaching high school mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 249–259. <https://doi.org/10.12973/iejme/3906>

Grotkowska, G. i Gaik, A. (2019). Wpływ cech szkoły wyższej na sytuację absolwentów na rynku pracy. *Rynek Pracy*, 169(2), 31–45.

Howard, S., Thompson, K., Yang, J. i Ma, J. (2019). Working the system: Development of a system model of technology integration to inform learning task design. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 326–341. <https://doi.org/10.1111/bjet.12560>

Lavicza, Z. (2010). Integrating technology into mathematics teaching at the university level. *ZDM Mathematics Education*, 4, 105–119. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0225-1>

Leopold, T. A., Zahidi, S., Hasselaar, E., Rayner, M., Grayling, S., Li, R. i Di Battista, A. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

Martínez-Sevilla, A. i Alonso, S. (2022). AI and mathematics interaction for a new learning paradigm on monumental heritage. W: P. R. Richard, M. Pilar Vélez i S. Van Vaerenbergh (red.), *Mathematics education in the digital era* (s. 107–136). https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0_6

Miranda, J., Navarrete, C., Noguez, J., Molina-Espinosa, J. M., Ramírez-Montoya, M. S., Navarro-Tuch, S. A., Bustamante-Bello, M. B., Rosas-Fernández, J. B. i Molina, A. (2021). The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107278. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>

Nalaskowski, F. (2023). Prace naukowe pisane przez sztuczną inteligencję. Oszustwo czy szansa. *Studia z Teorii Wychowania*, XIV(1(42)), 165–180. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.3431>

Ortiz, M., Castillo, D. i Wong, L. (2022). Mobile application: A serious game based in gamification for learning mathematics in high school students. W: *31st Conference of Open Innovations Association (FRUCT)* (s. 220–228). <https://doi.org/10.23919/FRUCT54823.2022.9770917>

Pietrzykowski, A. (2022). Szanse i ryzyka kształcenia online dla akademickiej relacji mistrz – uczeń. *Kultura – Społeczeństwo – Edukacja*, 21(1), 201–214. <https://doi.org/10.14746/kse.2022.21.12>

Plewka, C. (2019). Kształcenie dualne jako sposób kształtowania pożądanych kompetencji zawodowych oraz ważny instrument regulacji popytu i podaży na współczesnym rynku pracy. *Problemy Profesjologii*, 1, 13–24.

Rahadyan, A. i Kurniawan, I. (2023). Implementation of geogebra in mathematics to improve the skills of teachers. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 7(1), 530–538. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i1.12352>

Sajdak-Burska, A. (2022). Edukacja zdalna w potrzasku archaizmu i nowoczesności kształcenia. W: E. Pasterniak-Kobylecka i M. Kabat (red.), *Nauczyciel: czas, przestrzeń, szkoła, otoczenie i jego (nie)znany wymiar* (s. 11–24). Wydawnictwo Adam Marszałek.

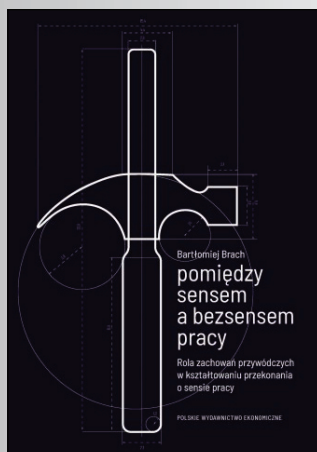
Sawyer, A. (2021). *How business and education can help Gen Z reframe the future* Badanie EY. https://www.ey.com/en_gl/corporate-responsibility/how-business-and-education-can-help-gen-z-reframe-the-future

Smahel, D., Machackova, H., Mascheroni, G., Dedkova, L., Staksrud, E., Ólafsson, K., Livingstone, S. i Hasebrink, U. (2020). *EU Kids Online 2020: Survey results from 19 countries*. EU Kids Online. <https://doi.org/10.21953/lse.47fdeqj01of0>

Kompletna bibliografia dostępna jest w internetowej wersji czasopisma.

Anita Dąbrowicz-Tlalka jest doktorem nauk matematycznych i pracuje na stanowisku profesora uczelni w Centrum Matematyki Politechniki Gdańskiej. Od około dwudziestu lat zajmuje się problematyką edukacji matematycznej, w tym z wykorzystaniem technologii oraz metod i technik kształcenia na odległość. Jej zainteresowania badawcze dotyczą tematyki nauczania matematyki na poziomie akademickim ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki uczelni o profilu technicznym.

POLECAMY



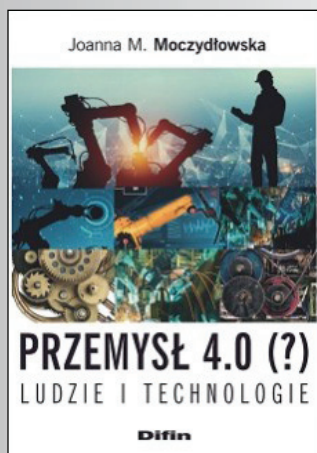
Bartłomiej Brach, *Pomiędzy sensem a bezsensem pracy. Rola zachowań przywódczych w kształtowaniu przekonania o sensie pracy*

Jak słyszę „poczucie sensu”, to nie mam w głowie konkretnego obrazka, ale jakąś ideę. Praca, która ma sens, to taka, która wywołuje zmianę. Jestem jej elementem, mam na nią wpływ, a nie dzieje się obok mnie albo pomimo mnie. Tylko jakoś jestem nią w stanie albo zarządzać, albo współzarządzać. Uczestniczyć w niej. No i ta zmiana dotyczy społeczności albo społeczeństwa, czyli nie jest to zmiana korporacyjna, typu: zmiana postrzegania marki...

Kiedy badani opowiadali mi o sensie wykonywanej pracy, wskazywali na jego bardzo różne źródła, między innymi przekonanie o pozytywnym wpływie wykonywanej pracy na otoczenie, co dość dobrze ilustruje powyższy cytat – słowa pracowniczy z miasta średniej wielkości. Choć badani wskazywali na różne źródła sensu, łączyło ich kilka wspólnych cech, których nie byli świadomi. Wszyscy byli silnie zaangażowani w pracę, mocno przywiązani do organizacji i ponadprzeciętnie zadowoleni z pracy. Niestety, to przekonanie o sensie pracy zazwyczaj nie trwało

długo. W książce pokazuję, jak menedżerowie, często nieświadomie, zamiast przyczynić się do wzmocnienia poczucia sensu u podwładnych, swoimi działaniami prowadzili do sytuacji, w których praca sens traciła, a nawet zaczynała być przez badanych określana jako „bezsensowna”. Wówczas zamiast zaangażowania pojawiał się cynizm, przywiązanie zamieniało się w chęć odejścia, a satysfakcja – w żal. Dlatego jest to książka pisana ku rozwadze. Przełożonym pomoże tego negatywnego wpływu na sens pracy uniknąć. Pracownikom pozwoli przed utratą sensu się zabezpieczyć. Wszystkim, mam nadzieję, uświadomi, że pytanie o sens pracy nie powinno być tylko domeną filozofów. Powinno towarzyszyć każdemu z nas, pomagając w pracy zobaczyć to, co wartościowe i ważne.

Opis pochodzi ze strony wydawnictwa: <https://www.pwe.com.pl/ksiazki/zasoby-ludzkie/pomiedzy-sensem-a-bezsensem-pracy-rola-zachowan-przywoczych-w-ksztaltowaniu-przekonania-o-sensie-pracy,p1396823955>
Wydawca: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2023.



Joanna M. Moczydłowska, *Przemysł 4.0 (?) Ludzie i technologie*

Książka jest poświęcona zagadnieniom Przemysłu 4.0 w kontekście ludzi i technologii. Interującym zabiegiem jest postawienie w tytule znaku zapytania, bowiem mimo iż od ogłoszenia czwartej rewolucji przemysłowej minęło zaledwie kilkanaście lat, akcentuje się, że mamy do czynienia z piątą rewolucją, a zatem należy analizować Przemysł 5.0. Gospodarka 4.0 ma te same cele i możliwości przypisywane erze 5.0. Duża część publikacji dotyczy zagadnień związanych z człowiekiem jako pracownikiem, menedżerem, uczestnikiem rynku. Istotnym walorem publikacji jest zaprezentowanie problemu potencjalnych zagrożeń związanych z dynamicznym rozwojem nowych technologii, zwłaszcza zagrożeń o charakterze psychologicznym i aksjologicznym. Szczególną uwagę poświęcono w niej problematyce robotyki i lęku technologicznego. Wyzwania związane z implementacją rozwiązań typowych dla Przemysłu 4.0 dotyczą różnych obszarów funkcjonowania organizacji, w tym także przywództwa organizacyjnego. Problematyka ta jest mocno zaakcentowana w publikacji w zakresie kompetencji menedżerów 4.0 i nowych typów przywództwa.

Monografia jest wartościowym dziełem, przyczyniającym się do rozwoju nauk o zarządzaniu i jakości. Książka przeznaczona jest zarówno dla osób zatrudnionych w sektorze biznesu, jak i w sektorze publicznym, np. w ochronie zdrowia, gdzie dynamicznie zachodzą procesy cyfryzacji i robotyzacji. Adresatem jest kadra kierownicza i menedżerska, przedsiębiorcy, ale również studenci takich kierunków, jak: zarządzanie, zarządzanie produkcją, ekonomia, psychologia i socjologia organizacji, słuchacze studiów podyplomowych i MBA oraz konsultanci zajmujący się rozwiązywaniem problemów zarządzania.

Opis pochodzi ze strony wydawnictwa: <https://ksiegarnia.difin.pl/przemysl-4-0-ludzie-i-technologie>
Wydawca: Difin, Warszawa, 2023.