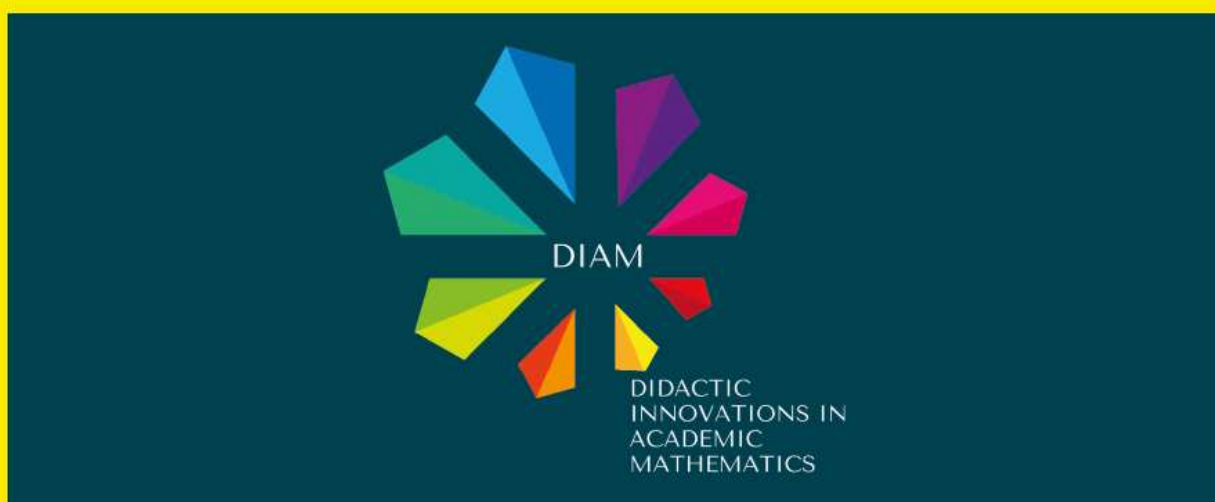


**Zeszyty Naukowe
Wydziału Elektrotechniki i Automatyki
Politechniki Gdańskiej**

76

**I KONFERENCJA
INNOWACJE DYDAKTYCZNE
W MATEMATYCE AKADEMICKIEJ**

**Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
24 czerwca 2024**



Gdańsk 2024

**Zeszyty Naukowe
Wydziału Elektrotechniki i Automatyki
Politechniki Gdańskiej**

76

**I KONFERENCJA
INNOWACJE DYDAKTYCZNE
W MATEMATYCE AKADEMICKIEJ**

**Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
24 czerwca 2024 r.**

**Wydawnictwo Wydziału Elektrotechniki i Automatyki
Politechniki Gdańskiej**

Gdańsk, 2024

ISSN 2353-1290

Adres redakcji:
Politechnika Gdańska
Wydział Elektrotechniki i Automatyki
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
<https://eia.pg.edu.pl/nauka/zeszyty-naukowe>

REDAKCJA
Dariusz Świsulski

Wydano za zgodą
Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Automatyki
Politechniki Gdańskiej
na podstawie materiałów dostarczonych przez autorów

Artykuły po recenzjach zakwalifikował do druku
Komitet Naukowy Konferencji

Copyright © by Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki

Wydanie 1
Nakład 200 egzemplarzy

**The Scientific Papers of
Faculty of Electrical and Control Engineering
Gdańsk University of Technology**

76

**1st CONFERENCE
DIDACTIC INNOVATIONS
IN ACADEMIC MATHEMATICS**

**Gdańsk University of Technology,
Mathematics Center
June 24, 2024**

**Published by Faculty of Electrical and Control Engineering
Gdańsk University of Technology**

Gdańsk, 2024

Patronat nad Konferencją
Rektor Politechniki Gdańskiej
prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilde

Patronat honorowy
Minister Nauki
Dariusz Wieczorek



**Minister
Nauki**

Organizator



CENTRUM
MATEMATYKI

Patroni merytoryczni

Polskie Towarzystwo Matematyczne



Polskie Towarzystwo Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej



Zeszyty Naukowe WEiA Politechniki Gdańskiej



Zeszyty Naukowe
WEiA PG

Stowarzyszenie E-learningu Akademickiego



KOMITET PROGRAMOWY KONFERENCJI

Przewodnicząca: dr Anita Dąbrowicz-Tlałka, prof. PG, *Politechnika Gdańska*

Członkowie:

dr Agnieszka Bartłomiejczyk, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Tomasz Drwięga, *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*
prof. Ivona Grzegorzczak, *California State University Channel Islands (CSUCI), USA*
dr hab. Sambor Guze, prof. UMG, *Uniwersytet Morski w Gdyni*
dr hab. Eugenia Smyrnova-Trybulska, prof. UŚ, *Uniwersytet Śląski*
dr hab. Jacek Stańdo, prof. PŁ, *Politechnika Łódzka*
dr Beata Strycharz-Szemberg, prof. PK, *Politechnika Krakowska*
prof. dr Ewa B. Weinmüller, *Vienna University of Technology, Austria*
dr hab. Alicja Wieczorkowska, prof. PJATK, *Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych*

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI

Przewodnicząca: dr Magdalena Musielak, *Politechnika Gdańska*

Członkowie:

dr Agnieszka Bartłomiejczyk, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Anita Dąbrowicz-Tlałka, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Tomasz Drwięga, *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*
dr Edyta Juskowiak, prof. UAM, *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*
dr Marta Kornafel, *Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*
mgr Urszula Kornas-Krzyżkowska, *Pomorskie Centrum Edukacji Nauczycieli w Gdańsku*
dr Dorota Krawczyk-Stańdo, *Politechnika Łódzka*
prof. dr hab. inż. Jan Kusiak, *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*
dr inż. Magdalena Łapińska, *Politechnika Gdańska*
dr Ewa Łazuka, prof. PL, *Politechnika Lubelska*
dr Marek Małolepszy, prof. PŁ, *Politechnika Łódzka*
dr Iwona Mokwa-Tarnowska, *Politechnika Gdańska*
dr Aleksandra Nowel, *Uniwersytet Gdański*
dr hab. Magdalena Roszak, *Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu*
dr Leszek Rudak, *Uniwersytet Warszawski*
dr Mirosława Sajka, prof. UKEN, *Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*
dr hab. Eugenia Smyrnova-Trybulska, prof. UŚ, *Uniwersytet Śląski*
dr hab. Jacek Stańdo, prof. PŁ, *Politechnika Łódzka*
prof. dr hab. Tomasz Szemberg, *Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*
dr Paulina Szyszkowska, prof. UKW, *Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy*
dr hab. inż. Dariusz Świsulski, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Marcin Wata, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu*
prof. dr Ewa B. Weinmüller, *Vienna University of Technology, Austria*

KOMITET ORGANIZACYJNY KONFERENCJI

Przewodnicząca: Izabela Treder

Członkowie:

Michał Fludra
Marietta Michniewska-Kamińska
Marcin Stępiak

RECENZENCI

dr Agnieszka Bartłomiejczyk, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Anita Dąbrowicz-Tlałka, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Jolanta Dymkowska, *Politechnika Gdańska*
dr Robert Fidytek, *Politechnika Gdańska*
dr inż. Karol Flisikowski, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
mgr Dorota Grott, *Politechnika Gdańska*
dr Hanna Guze, *Politechnika Gdańska*
dr hab. Sambor Guze, prof. UMG, *Uniwersytet Morski w Gdyni*
dr Edyta Juskowiak, prof. UAM, *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*
dr Marta Kornafel, *Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*
dr Dorota Krawczyk-Stańdo, *Politechnika Łódzka*
mgr Katarzyna Kujawska, *Politechnika Gdańska*
dr Lech Kujawski, *Uniwersytet Gdański*
dr inż. Magdalena Łapińska, *Politechnika Gdańska*
dr Ewa Łazuka, prof. PL, *Politechnika Lubelska*
dr Marek Małolepszy, prof. PŁ, *Politechnika Łódzka*
dr Iwona Mokwa-Tarnowska, *Politechnika Gdańska*
dr Nikodem Mrożek, *Uniwersytet Gdański*
dr Magdalena Musielak, *Politechnika Gdańska*
dr inż. Agnieszka Niedziałkowska, *Politechnika Łódzka*
dr Anna Niewulis, *Politechnika Gdańska*
dr Aleksandra Nowel, *Uniwersytet Gdański*
dr hab. Andrzej Nowik, prof. UG, *Uniwersytet Gdański*
dr hab. Jacek Stańdo, prof. PŁ, *Politechnika Łódzka*
dr hab. inż. Dariusz Świsulski, prof. PG, *Politechnika Gdańska*
dr Marcin Wata, *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu*
dr Daniel Wójcik, *Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*
dr inż. Renata Zakrzewska, *Politechnika Gdańska*
mgr inż. Dorota Żarek, *Politechnika Gdańska*

SPIS TREŚCI

Indeks autorów	9
Wstęp	11
1. Małgorzata Komisarska, Agnieszka Niedziałkowska <i>Nuda nudzie nierówna, czyli trochę psychologii w nauczaniu matematyki</i> <i>Boredom does not match boredom, just a little bit of psychology in mathematics teaching</i>	13
2. Izolda Gorgol, Ewa Łazuka, Paweł Właż <i>Analiza potrzeb i doświadczeń studentów Politechniki Lubelskiej w zakresie innowacyjnych metod prowadzenia zajęć na przedmiotach matematycznych</i> <i>Analysis of the needs and experiences of students at Lublin University of Technology regarding innovative methods of teaching in mathematical subjects</i>	17
3. Agnieszka Wałachowska <i>Nowoczesne techniki nauczania z H5P</i> <i>Modern teaching techniques with H5P</i>	23
4. Renata Długosz, Monika Lindner <i>Student nauczany czy uczący się?</i> <i>A student being taught or student learning?</i>	27
5. Aleksandra Arkit <i>Dynamiczne mapy koncepcji jako strategia nauczania na kierunkach technicznych</i> <i>Dynamic concept maps as a teaching strategy in technical studies</i>	31
6. Elżbieta Kotlicka-Dwurzniak, Joanna Rzepecka-Gawrysiak <i>Ocenianie kształtujące w kursach matematycznych – wykorzystanie wybranych narzędzi i strategii</i> <i>Formative assessment in mathematics courses – using selected tools and strategies</i>	35
7. Artur Wachowicz <i>Dostosowanie kształcenia matematycznego do specyfiki kierunku na przykładzie wybranych kierunków prowadzonych w Politechnice Łódzkiej, przypisanych do dyscypliny matematyka</i> <i>Adaptation of mathematical education to the specificity of the field of study on the example of selected fields of study at the Lodz University of Technology, assigned to the discipline of mathematics</i>	41
8. Magdalena Łapińska, Anna Niewulis <i>Innowacyjne nauczanie matematyki na podstawie obserwacji studentów oraz nauczycieli akademickich</i> <i>Innovative teaching of mathematics based on observations of students and academic teachers</i>	47
9. Andrzej Giniewicz <i>O interakcjach nowoczesnych technologii informacyjnych z nauczaniem matematyki i statystyki</i> <i>On interactions of modern information technologies with mathematics and statistics teaching</i>	51
10. Agnieszka Bartłomiejczyk, Brygida Mielewska <i>Tutoring rówieśniczy jako skuteczna metoda wspierania procesu uczenia się</i> <i>Peer tutoring as an effective method of supporting the learning process</i>	55
11. Radosław Baziak, Tomasz Daruk, Karol Żyra, Dorota Żarek, Jacek Lebieź <i>Wirtualny pokój zagadek z zakresu matematyki</i> <i>Virtual math escape room</i>	59
12. Magdalena Kucharska, Monika Perl <i>Grywalizacja na platformie Moodle</i> <i>Gamification on the Moodle platform</i>	63

13. Jacek Stańdo	
Czas reakcji na zadane pytanie w zakresie matematyki	
<i>Response time to a question in mathematics</i>	67
14. Marek Małolepszy	
Od halucynacji do rzetelnych rozwiązań: jak zwiększyć wiarygodność odpowiedzi ChatGPT w nauczaniu matematyki	
<i>From hallucinations to reliable solutions: how to increase the credibility of ChatGPT's responses in mathematics education</i>	69
15. Ivona Grzegorzcyk	
Współczesne metody nauczania matematyki na uniwersytetach amerykańskich	
<i>Contemporary mathematics education methods at American universities</i>	73
16. Anita Dąbrowicz-Tłałka, Magdalena M. Musielak	
Wykorzystanie przez studentów studiów I stopnia aplikacji do obliczeń oraz portali społecznościowych na przedmiotach matematycznych	
<i>Use of computing applications and social media in mathematical subjects by undergraduate students</i>	77
17. Łukasz Wierzbicki, Janusz Mindykowski	
Eksperymentalna weryfikacja możliwości poprawy współczynnika efektywności energetycznej statku na przykładzie promu pasażersko – samochodowego z innowacyjnym hybrydowym systemem zasilania pędników	
<i>Experimental verification of the possibilities of improving the ship's energy efficiency design index on the basis of the passenger – car ferry with innovative hybrid thruster power supply system</i>	81
18. Sergey Budarin, Paweł Poczekajło	
Wykorzystanie wirtualnej rzeczywistości do wizualizacji danych z drzewa genealogicznego	
<i>Creating family trees in virtual reality</i>	85

INDEKS AUTORÓW

Aleksandra Arkit	31
Agnieszka Bartłomiejczyk	55
Radosław Baziak	59
Sergey Budarin	85
Tomasz Daruk	59
Anita Dąbrowicz-Tłałka	77
Renata Długosz	27
Andrzej Giniewicz	51
Izolda Gorgol	17
Ivona Grzegorzczak	73
Małgorzata Komisarz	13
Elżbieta Kotlicka-Dwurzniak	35
Magdalena Kucharska	63
Jacek Lebież	59
Monika Lindner	27
Magdalena Łapińska	47
Ewa Łazuka	17
Marek Małolepszy	69
Brygida Mielewska	55
Janusz Mindykowski	81
Magdalena M. Musielak	77
Agnieszka Niedziałkowska	13
Anna Niewulis	47
Monika Perl	63
Paweł Poczekajło	85
Joanna Rzepecka-Gawrysiak	35
Jacek Stańdo	67
Artur Wachowicz	41
Agnieszka Wałachowska	23
Łukasz Wierzbicki	81
Paweł Właż	17
Dorota Żarek	59
Karol Żyra	59

WSTĘP

Matematyka odgrywa kluczową rolę w edukacji akademickiej, stanowiąc fundament dla wielu dziedzin nauki i techniki. Kształcenie w zakresie matematyki na poziomie wyższym to nie tylko przekazywanie wiedzy teoretycznej, ale przede wszystkim rozwijanie umiejętności logicznego myślenia, analizy problemów oraz ich rozwiązywania.

W dobie dynamicznych zmian w edukacji, szczególnie w kontekście globalnych wyzwań technologicznych, rola dydaktyki matematyki staje się coraz bardziej istotna. Dlatego niezwykle ważne jest, aby nauczyciele akademicy nieustannie doskonalili swoje metody nauczania i poszukiwali innowacyjnych rozwiązań, które pomogą w efektywniejszym przekazywaniu wiedzy.

Konferencja Innowacje dydaktyczne w matematyce akademickiej (Didactic Innovations in Academic Mathematics – DIAM), która odbyła się 24 czerwca 2024 roku na Politechnice Gdańskiej, była okazją do zgromadzenia naukowców i praktyków zajmujących się dydaktyką matematyki akademickiej. Głównym celem tego wydarzenia była konsolidacja środowiska nauczycieli akademickich, co pozwoliło na wymianę dobrych praktyk oraz wspólne zastanowienie się nad wyzwaniami i możliwościami w nauczaniu matematyki. Konferencja podkreślała znaczenie metodyki nauczania i konieczność wprowadzania nowoczesnych technologii, które mogą wspierać procesy edukacyjne i dostosowywać je do potrzeb współczesnych studentów. Organizatorem konferencji było Centrum Matematyki Politechniki Gdańskiej.

Publikacja, którą trzymacie Państwo w rękach, zawiera artykuły nadesłane przez uczestników tej konferencji, które poruszają tematy związane z innowacyjnymi metodami pracy ze studentami, technologiami wspierającymi dydaktykę oraz wynikami badań dotyczących efektywności różnych strategii nauczania matematyki. Zebrane prace są dowodem na to, że rzetelne badania i współpraca środowiska akademickiego są kluczem do podnoszenia jakości kształcenia matematycznego. Wymiana doświadczeń i pomysłów w gronie specjalistów jest nieoceniona dla tworzenia nowoczesnych i skutecznych rozwiązań dydaktycznych, które mogą sprostać wyzwaniom przyszłości.

Mamy nadzieję, że niniejsza publikacja stanie się inspiracją do dalszej pracy nad doskonaleniem dydaktyki matematyki oraz przyczyni się do rozwoju tego ważnego obszaru edukacji.

dr Anita Dąbrowicz-Tlałka, prof. PG
Przewodnicząca
Komitetu Programowego

dr Magdalena Musielak
Przewodnicząca
Komitetu Naukowego

NUDA NUDZIE NIERÓWNA, CZYLI TROCHĘ PSYCHOLOGII W NAUCZANIU MATEMATYKI

Małgorzata KOMISARSKA¹, Agnieszka NIEDZIAŁKOWSKA²

1. Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki Politechniki Łódzkiej
tel.: 42 631 36 29 e-mail: małgorzata.komisarska@p.lodz.pl
2. Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki Politechniki Łódzkiej
tel.: 42 631 36 26 e-mail: agnieszka.niedzialkowska@p.lodz.pl

Streszczenie: Nuda ma wiele definicji. Przyjmujemy, że nuda to negatywny stan emocjonalny, uczucie przygnębienia i zniechęcenia. Będziemy mówić o zniechęceniu do matematyki u studentów i uczniów liceów ogólnokształcących. Natknijemy się na kilka jej rodzajów. W pracy zbiorowej [1] autorzy opisali pięć rodzajów nudy szkolnej: nuda obojętna, regulacyjna, poszukująca, reaktywna i apatyczna. Czy można rozpoznać nudę u uczniów i studentów i gdzie szukać jej przyczyn? Odpowiadając na to pytanie, przedstawimy wyniki naszych badań, dotyczących nudy wśród naszych studentów oraz uczniów jednego z liceów ogólnokształcących.

Słowa kluczowe: nuda, psychologia, matematyka.

1. KILKA RODZAJÓW NUDY

Pracując wiele lat na Politechnice Łódzkiej, w naturalny sposób podejmujemy działania związane z aktywizacją studentów na zajęciach. Działania te to konkretne metody, np. metody problemowe (burza mózgów, obserwacja, studium przypadku), metody ekspresji i impresji (drama, mapa mózgu, metoda projektu), metoda graficznego zapisu (drzewko decyzyjne, mapa skojarzeń). Bywają również zajęcia, które prowadzimy metodami tradycyjnymi – i to dość często. Mamy tu na myśli schemat: notatki wykładowe – zeszyt – tablica. I wtedy w sposób naturalny rodzą się pytania:

1. Jak bardzo nasi studenci są zaangażowani w to, co dzieje się na zajęciach z matematyki (niezależnie od tego, czy prowadzimy zajęcia w sposób tradycyjny, czy stosujemy metody aktywizujące)?

2. I czy można zaryzykować twierdzenie, że studenci się nudzą?

Założmy, że studenci się nudzą. Przyjmijmy to samo założenie dla uczniów. Zadajmy kolejne pytanie: jakie rodzaje nudy odczuwają studenci podczas zajęć z matematyki? Okazuje się, że temat ten nie jest nowym tematem ani dla podręczników psychologii ani dla podręczników matematyki. Przyjmując, że nuda to w większości przypadków negatywny stan emocjonalny, odwołamy się do pięciu rodzajów nudy szkolnej, opisanej w pracy [1]:

- nuda obojętna,
- nuda regulacyjna,
- nuda poszukująca,
- nuda reaktywna,
- nuda apatyczna.

Nuda obojętna to pozytywne odczucie, pozwalające na doświadczenie czasu wolnego i odpoczynku. Student (uczeń), który odczuwa taką nudę jest zrelaksowany; może sprawiać wrażenie nieobecnego. Nuda regulacyjna to negatywny stan emocjonalny, w którym myśli studenta (ucznia) krążą wokół różnych spraw. Osoba przeżywająca taką nudę nie przejawia chęci do zmiany tego, co się z nią dzieje. Nuda poszukująca to ten rodzaj nudy, który wiąże się z wysiłkiem dążącym do przezwyciężenia ograniczających warunków sytuacyjnych, w których znalazł się student (uczeń). Nuda reaktywna to poczucie zamknięcia w pułapce, nieprzyjemne odczucia i chęć ucieczki z danej sytuacji. Może jej towarzyszyć agresja, złość, poczucie braku komfortu i niepokój. Student (uczeń) doświadczający tego rodzaju nudy, szuka jej źródła na zewnątrz – w osobie nauczyciela, w treści lekcji. Nuda apatyczna to rodzaj nudy, który charakteryzuje się brakiem motywacji. Nie ma w niej odczuć ani pozytywnych, ani negatywnych.

Wśród studentów Politechniki Łódzkiej i uczniów Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Konopnickiej w Poddębicach przeprowadzona została ankieta dotycząca rodzajów nudy, przeżywanej na zajęciach z matematyki. Ankieta jest przedstawiona na rysunku 1.

Jak nudzę się na zajęciach z matematyki?

Na zajęciach z matematyki:

- ☐ Nigdy się nie nudzę :)
- ☐ Czuję się psychicznie nieobecny (np. przyszedłem tylko by mieć wpisną obecność), nie interesują mnie omawiane zagadnienia. Jestem zrelaksowany, mam przyjemne uczucie odpoczynku i czasu wolnego. Czuję się komfortowo.
- ☐ Błądzą myślami wokół różnych spraw, wiem że powinienem coś zmienić, ale nie czuję chęci do zmiany.
- ☐ Czuję się niekomfortowo, poszukuję rozwiązania, chciałbym coś zmienić. Wiem, że aby przezwyciężyć nudę powinienem coś zrobić, ale nie wiem co i nie widzę takich możliwości.
- ☐ Czuję się zamknięty w pułapce, chcę uciekać. Czuję złość lub agresję.
- ☐ Czuję apatię, jestem zniechęcony i zrezygnowany. Czuję brak motywacji do jakiegokolwiek działania.

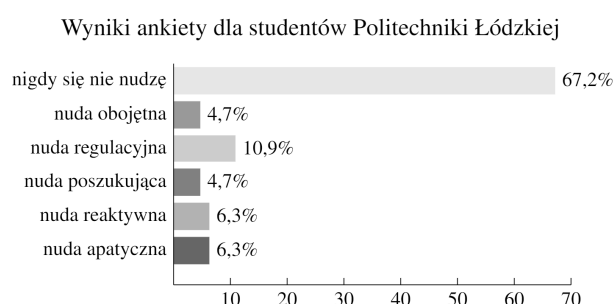
Prześlij

Wyczyść formularz

Rys. 1. Ankieta przeprowadzona wśród studentów Politechniki Łódzkiej i wśród uczniów Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Konopnickiej w Poddębicach

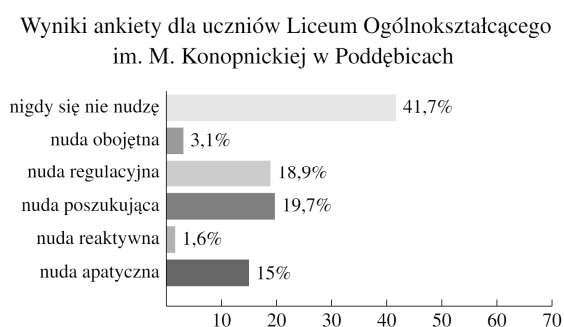
Wypełnienie ankiety polegało na wybraniu jednej z sześciu odpowiedzi. Pierwsza odpowiedź, to „Nigdy się nie nudzę”, a następne to kolejno wymienione i scharakteryzowane pięć rodzajów nudy szkolnej. Nazwy rodzajów nudy nie pojawiają się w ankiecie, są to kolejno: nuda obojętna, regulacyjna, poszukująca, reaktywna i nuda apatyczna.

Wśród studentów Politechniki Łódzkiej ankietę wypełniły 64 osoby. Są to studenci kierunku Zarządzanie na Wydziale Organizacji i Zarządzania, kierunku Automatyka i sterowanie robotów na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, studenci kierunków Energetyka oraz Mechanika i Budowa Maszyn na Wydziale Mechanicznym. Część studentów, to studenci studiów stacjonarnych, a część studiów niestacjonarnych. Zajęcia z matematyki były dla tych studentów prowadzone przez różne osoby. Zatem próba o liczności 64 osoby nie jest bardzo liczna, ale jest różnorodna. Na rysunku 2 przedstawione są wyniki ankiety dla tej grupy studentów.



Rys. 2. Wyniki ankiety wśród studentów Politechniki Łódzkiej (różne kierunki, wydziały i rodzaj studiów)

Na rysunku 3 podajemy wyniki ankiety przeprowadzonej wśród uczniów Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Konopnickiej w Poddębicach. Ankietę wypełniło 127 uczniów klas pierwszych, drugich i trzecich, wszystkie o profilu matematyczno-fizycznym.



Rys. 3. Wyniki ankiety wśród uczniów Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Konopnickiej w Poddębicach (klasy pierwsze, drugie i trzecie, profil matematyczno-fizyczny)

Okazuje się, że na zajęciach z matematyki nie nudzi się 67,2% studentów oraz 41,7% uczniów. Nudę obojętną odczuwa 4,7% studentów i 3,1% uczniów. Nudę regulacyjną wskazało 10,9% studentów i 18,9% uczniów. Nudę poszukującą wybrało 4,7% studentów i aż 19,7% uczniów. Nudę reaktywną (to ten rodzaj nudy, który związany jest z agresją) odczuwa 6,3% studentów i tylko 1,6% uczniów. I wreszcie: nudę apatyczną zaznaczyło 6,3% studentów i zaskakująco dużo, bo aż 15% uczniów. Łącznie: nudę reaktywną i apatyczną, a więc dwa najbardziej niekorzystne

psychologicznie rodzaje nudy odczuwa 12,6% studentów oraz 16,6 % uczniów.

Celem ankiety nie było porównanie sytuacji studentów i uczniów, lecz odpowiedź na pytanie jaki rodzaj nudy na zajęciach z matematyki odczuwają obie badane grupy. Duże różnice w odpowiedziach studentów i uczniów zaskoczyły nas. Wyraźnie większy procent studentów niż uczniów nie odczuwa nudy. Zwraca uwagę duża liczba uczniów odczuwających apatię i zniechęcenie (nuda apatyczna) oraz nudę poszukującą. I przeciwnie: nuda reaktywna, czyli złość, agresja, uczucie zamknięcia w pułapce i chęć ucieczki, to w większości uczucia studentów a nie uczniów.

Co może być powodem tak dużej różnicy między odpowiedziami studentów i uczniów? Czy takie wyniki powtórzyłyby się dla większej próby badanych osób?

Skąd wynikają różnice i co na nie wpływa? Czy to większa dojrzałość i odpowiedzialność studentów, czy stres, zmęczenie, inne obowiązki uczniów i studentów, wpływają na odczuwanie nudy na zajęciach z matematyki? Z całą pewnością jest to ciekawy i nasuwający się kierunek dalszych badań. Łącznie, podsumowując wyniki ankiety, wśród studentów i uczniów, na zajęciach z matematyki nie nudzi się 50,26 % osób, zaś nudę reaktywną i apatyczną, czyli dwa najbardziej niekorzystne psychologicznie rodzaje nudy, odczuwa 15,18 % osób.

2. DOŚWIADCZENIE OPARTE NA PRACY ZE STUDENTAMI I UCZNIAMI LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCEGO

Osoba odczuwająca nudę obojętną będzie czuć się dobrze w miejscu, w którym się znajduje, ale trudno będzie taką osobę zaangażować do pracy, zainteresować realizowanym tematem. Jeśli zadamy jej pytanie, związane z bieżącym tematem, ona odpowie na to pytanie i będzie przekonana o posiadanej wiedzy z zakresu realizowanego tematu. Nie będzie jednak przejawiała chęci do współpracy. Ten rodzaj nudy można spotkać u uczniów liceów. Uczniowie tacy zazwyczaj poszerzają swoją wiedzę z matematyki poza zajęciami szkolnymi. Sam fakt, że uczą się matematyki dodatkowo będzie wpływał na nich na tyle pozytywnie, że będą przekonani o tym, że na lekcjach matematyki nie muszą nic robić, a i tak będą na bieżąco. Bardzo często takie założenie bywa fałszywe. U studentów nuda obojętna również objawia się brakiem chęci współpracy na zajęciach.

Studenci lub uczniowie, którzy myślami są daleko od miejsca, w którym się znajdują i od omawianego tematu, przeżywają nudę regulacyjną. Poproszeni o odpowiedź na pytanie związane z omawianym zagadnieniem, zazwyczaj nie odpowiadają na to pytanie. Sprawiają wrażenie nieobecnych. Nie czują się komfortowo w miejscu, w którym przebywają, ale nie próbują zmienić tego stanu rzeczy.

Inaczej jest z osobami, które wpadły w nudę poszukującą. Osoby te będą dążyć do przewyciężenia warunków związanych z sytuacją, w jakiej się znalazły. Podczas zajęć z matematyki będą np. próbowały opuścić salę, w której odbywają się zajęcia, by za chwilę wrócić i ponownie zacząć się nudzić. Jeśli u takich osób zaczyna pojawiać się agresja, przejawiająca się m.in. niegrzecznym zachowaniem, zdenerwowaniem, to mówimy już o nudzie reaktywnej. Osoba taka odczuwa niepokój oraz złość. Źródeł tych odczuć szuka w nauczycielu oraz treściach realizowanych na zajęciach.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Dobrą praktyką jest rozmowa ze studentami i uczniami na temat tego, czy na zajęciach z matematyki się nudzą. Jeśli się nudzą – dobrze, aby wskazali przyczynę tej nudy. Wiedza o różnych rodzajach nudy przeżywanej przez studentów i uczniów daje nam możliwość wyprowadzenia ich z negatywnego stanu emocjonalnego. Można to robić na różne sposoby, stosując np. metody aktywizujące w trakcie wybranych zajęć lub od samego początku – zarówno uczniów, jak i studentów przyzwyczajając do tego, że przy tablicy muszą mówić. Rozwiązując zadanie muszą używać języka matematycznego. Na koniec powinni jeszcze

raz przeanalizować to, co zrobili, prezentując efekty swojej pracy. Taka forma „wychowania” prowadzi do tego, że na zajęciach z matematyki nie ma zjawiska nudy albo występuje ono bardzo rzadko.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Goetz T., Frenzel A.C., Hall N.C., Nett U.E., Pekrun R., Lipnevich A.A. (2014), Types of boredom: An experience sampling approach, *Motivation and Emotion*, nr 38, s. 401–419, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11031-013-9385-y>, data dostępu: 13.07.2024.

BOREDOM DOES NOT MATCH BOREDOM, JUST A LITTLE BIT OF PSYCHOLOGY IN MATHEMATICS TEACHING

Boredom has many definitions. Let's assume that boredom is a negative emotional state, feeling of depression and discouragement. In this article we say about discouragement towards mathematics among high-school and university students. Professor Thomas Goetz, in his research, described five boredom types: indifferent, calibrating, searching, reactant and apathetic boredom. Are we able to recognize boredom among students and what is its source? To answer this question, we will present results of our research conducted on group of our university and high-school students. 50,26% of students on math classes are not bored and 15,18% experience reactant or apathetic boredom, two most psychologically negative types of boredom. The good practice is to talk to the students about their boredom during math classes. If they are bored, they should point the cause of their boredom. The knowledge about different types of boredom gives us opportunity to bring students out of a negative emotional state. This can be done in few different ways, for example, activating students to action from the beginning of the classes or in the middle of the classes, by pulling them out to talk at the blackboard while they are solving math problems. When they describe their actions, they must use mathematical terminology. To finish the task students must analyze their actions once again and present to the class effects of their work. This kind of “education” leads to the lack of boredom on math classes or minimize this phenomenon.

Keywords: boredom, psychology, mathematics.

ANALIZA POTRZEB I DOŚWIADCZEŃ STUDENTÓW POLITECHNIKI LUBELSKIEJ W ZAKRESIE INNOWACYJNYCH METOD PROWADZENIA ZAJĘĆ NA PRZEDMIOTACH MATEMATYCZNYCH

Izolda GORGOL¹, Ewa ŁAZUKA², Paweł WLAŻ³

1. Politechnika Lubelska
tel.: 81 5384627 e-mail: i.gorgol@pollub.pl
2. Politechnika Lubelska
tel.: 81 5384627 e-mail: e.lazuka@pollub.pl
3. Politechnika Lubelska
tel.: 81 5384563 e-mail: p.wlaz@pollub.pl

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wyniki badania przeprowadzonego wiosną 2024 roku wśród studentów wybranych kierunków studiów w Politechnice Lubelskiej. Badanie to miało na celu sprawdzenie stopnia znajomości przez studentów innowacyjnych metod dydaktycznych, analizę tego, czy takie metody były stosowane podczas ich dotychczasowej nauki, a także weryfikację potrzeb studentów w tym zakresie. Przedstawiono wyniki ankiet, najważniejsze zależności z nich wynikające oraz rozważania autorów na temat czynników wpływających na odpowiedzi studentów.

Słowa kluczowe: innowacje dydaktyczne, dydaktyka matematyki w szkole wyższej.

1. WSTĘP

Współczesne nauczanie matematyki na poziomie szkoły wyższej przechodzi dynamiczne przemiany napędzane postępującą technologią oraz zmieniającymi się potrzebami i oczekiwaniami studentów. Tradycyjne metody dydaktyczne, oparte głównie na wykładach i ćwiczeniach, ustępują miejsca bardziej interaktywnym, angażującym i zindywidualizowanym podejściom [1, 2]. Innowacje dydaktyczne w nauczaniu matematyki, takie jak wykorzystanie narzędzi cyfrowych, metod projektowych, gamifikacji czy uczenia się przez doświadczenie, nie tylko ułatwiają zrozumienie abstrakcyjnych pojęć, ale także rozwijają umiejętności krytycznego myślenia i rozwiązywania problemów. Zanim jednak takie metody zaczną się wdrażać na konkretnych zajęciach, warto sobie zadać pytanie, co na ten temat wiedzą potencjalni odbiorcy, czyli studenci, i wprowadzenia jakich metod oczekują. Takie badanie przeprowadzono w Politechnice Lubelskiej. Artykuł ma na celu przedstawienie rezultatów tego badania i wniosków, jakie się nasuwają po opracowaniu wyników.

2. OPIS ANKIETY

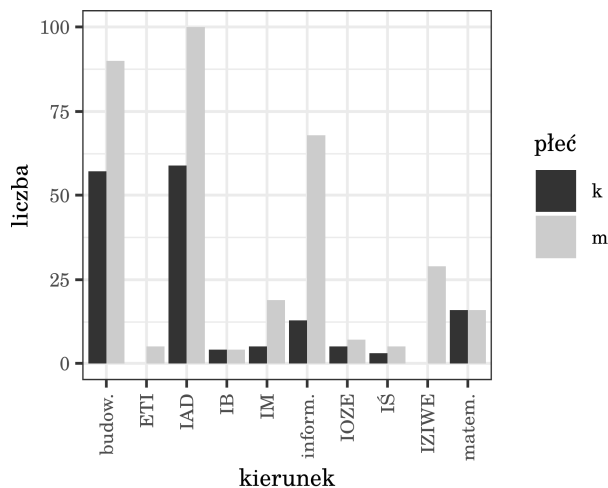
Opisywane w artykule wyniki opracowano na podstawie anonimowej ankiety przeprowadzonej na przełomie maja i czerwca 2024 roku wśród studentów wybranych kierunków studiów w Politechnice Lubelskiej. Wspomniana ankieta składała się z 10 pytań. Pierwsze pięć z nich stanowiło metryczkę. Dotyczyły one kierunku, stopnia i semestru

studiów oraz płci i liczby mieszkańców miejscowości ukończenia szkoły średniej przez studentów (do 10 tys., 10-50 tys., 50-200 tys. i powyżej 200 tys.). W dalszej części ankiety wymieniono i pokrótce opisano siedem innowacyjnych metod nauczania (*metoda tekstu przewodniego, metoda projektu edukacyjnego (w tym metoda webquest), metoda flipped classroom, metoda peer learning, metoda grywalizacji (gamifikacji), metoda design thinking, escape room*) [3-5]. Następne trzy pytania dotyczyły ogólnej znajomości tych metod oraz zastosowania ich w szkole średniej i podczas studiów. W dziewiątym pytaniu sprawdzano, które z wymienionych metod warto byłoby zastosować według studentów w nauczaniu przedmiotów matematycznych. Dziesiąte pytanie było pytaniem otwartym o brzmieniu: „Jakie metody niewymienione wyżej według Pana/Pani warto byłoby zastosować podczas nauczania przedmiotów matematycznych na studiach (prosimy o ich wypisanie)”. Ankieta przeprowadzona została w formie papierowej podczas ćwiczeń lub laboratoriów. W związku z tym uczestniczyły w niej prawie wszystkie osoby z badanych kierunków studiów.

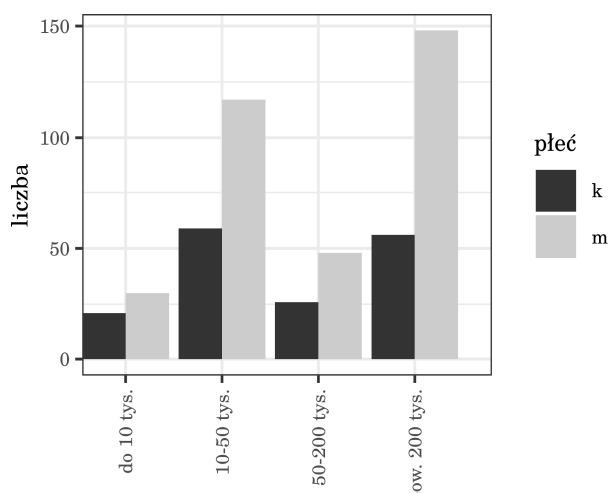
3. UZYSKANE DANE

Pozyskano dane z 10 kierunków studiów: *budownictwo, edukacja techniczno-informatyczna (ETI), inżynieria i analiza danych (IAD), inżynieria bezpieczeństwa (IB), inżynieria materiałowa (IM), informatyka, inżynieria odnawialnych źródeł energii (IOZE), inżynieria środowiska (IS), inżynierskie zastosowania informatyki w elektrotechnice (IZIWE), matematyka*. Łącznie było to 505 ankiet.

Wśród studentów studiów pierwszego stopnia odpowiedzi udzieliło 450 osób, natomiast pozostałe 55 ankiet wypełnione zostały przez studentów studiów drugiego stopnia. W wypełnianiu ankiet uczestniczyły 162 kobiety oraz 343 mężczyzn. Liczby studentów w podziale uwzględniającym płeć i kierunek studiów zilustrowano na rysunku 1. Liczby studentów w podziale uwzględniającym płeć i wielkość miejscowości, w której student ukończył szkołę średnią przedstawia rysunek 2.



Rys. 1. Ankietowani w podziale wg płci i kierunku studiów



Rys. 2. Ankietowani w podziale wg płci i wielkości miejscowości

Założono, że przy odpowiedziach na niektóre pytania (na przykład związane z metodami pamiętanymi z czasów szkoły średniej) znaczenie może mieć wielkość miejscowości, w której studenci ukończyli szkołę średnią. Dlatego proporcje liczby studentów kończących szkołę średnią w poszczególnych kategoriach miejscowości zilustrowano dodatkowo na wykresach kołowych (rys. 3).

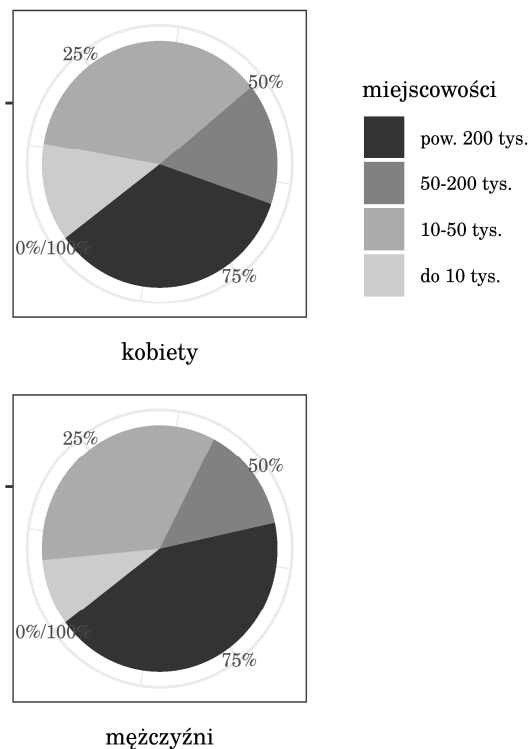
4. ZNAJOMOŚĆ INNOWACYJNYCH METOD NAUCZANIA WŚRÓD STUDENTÓW

4.1. Zależność od płci

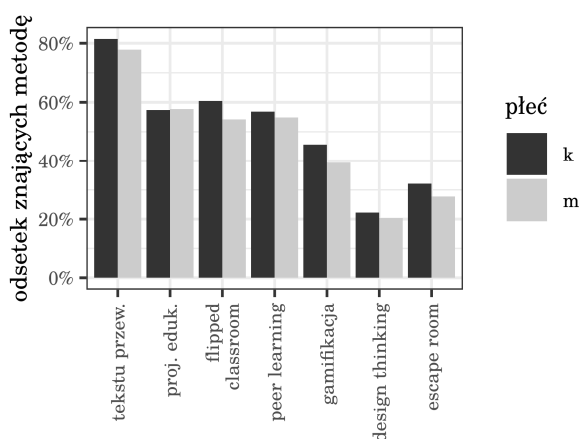
Testy równości frakcji przywoływane w dalszej części pracy zostały wykonane za pomocą funkcji *prop.test* w środowisku R (zob. [6]).

Rysunek 4 pokazuje stopień znajomości poszczególnych metod wśród studentów.

Nietrudno zauważyć, że zdecydowanie najlepiej znaną metodą jest *metoda tekstu przewodniego*. Poza jednym przypadkiem dla każdej metody widoczny jest nieco większy odsetek kobiet przyznających się do znajomości poszczególnych metod. Jednak różnice frakcji nie są duże i dokładniejsze badanie wskazało, że różnice te są statystycznie nieistotne. Dla każdej z metod test porównujący frakcje (hipoteza zerowa to brak różnic, a hipoteza alternatywna – frakcja kobiet jest większa niż frakcja mężczyzn) dawał *p*-value powyżej 0.1.



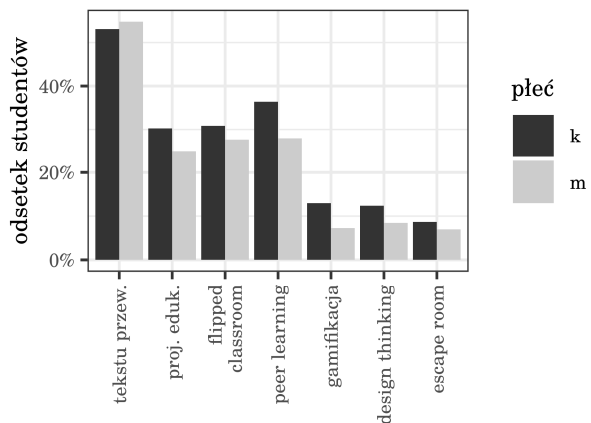
Rys. 3. Wypełniający ankiety w podziale wg płci i wielkości miejscowości, wykresy kołowe



Rys. 4. Znajomość poszczególnych metod wśród studentów

Rysunek 5 pokazuje, jak wiele z poznanych metod zdaniem studentów mogli oni zaobserwować podczas nauki w szkole średniej.

W tym przypadku również łatwo zauważyć zdecydowaną przewagę *metody tekstu przewodniego*. Także i tutaj, poza jednym przypadkiem, dla każdej metody widać nieco większy odsetek kobiet stwierdzających stosowanie w szkole średniej poszczególnych metod. Tym razem niektóre z tych różnic okazały się statystycznie istotne na poziomie istotności 0.05. Mianowicie test istotności różnic frakcji dla metody *peer learning* oraz metody *gamifikacji* dał *p*-value około 0.03 (przy hipotezie zerowej o braku różnic i hipotezie alternatywnej, że frakcja dla kobiet jest większa niż dla mężczyzn), zatem w tym przypadku jest istotna różnica pomiędzy kobietami i mężczyznami.

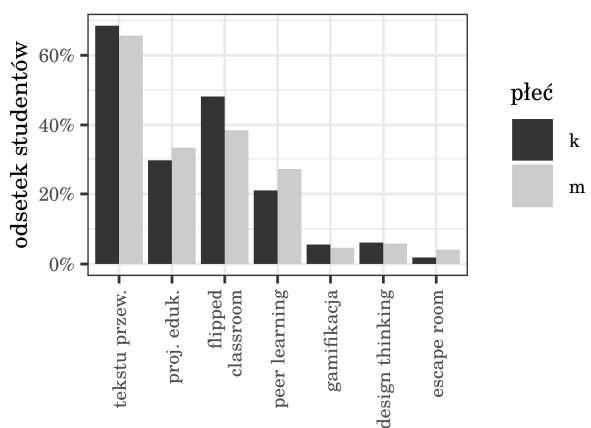


Rys. 5. Metody innowacyjne w szkole średniej wg studentów

Rysunek 6 pokazuje, jak wiele z poznanych metod zdaniem studentów mogli oni zaobserwować podczas nauki w szkole wyższej. W tym przypadku dla czterech metod frakcja kobiet jest większa niż mężczyzn, w trzech przypadkach jest odwrotnie. Jednak na poziomie istotności 0.05 (przy jednostronnych hipotezach alternatywnych) tylko różnica w przypadku metody *flipped classroom* jest statystycznie istotna (oczywiście na korzyść kobiet, co widać na rysunku). Obliczenie *p*-value odpowiedniego testu daje wielkość 0.025. Nieodmiennie wśród odpowiedzi przewagę ma metoda *tekstu przewodniego*.

Ostatnie pytanie, odnoszące się do zestawu metod wymienionych w ankiecie, dotyczyło metod, jakie zdaniem studentów powinny być używane podczas zajęć z przedmiotów matematycznych. Rozkład preferencji ilustruje rysunek 7.

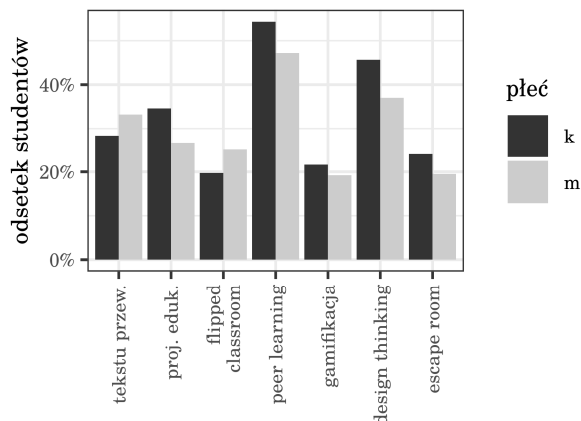
Wyniki wskazują na to, że studenci podeszli poważnie do odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie, bo w odróżnieniu od poprzednich pytań (dotyczących znajomości, wspomnień ze szkoły średniej bądź z lat nauki w szkole wyższej) tutaj zdecydowaną przewagę ma metoda *peer learning*. Taką więc potrzebę sygnalizują nasi studenci: więcej wzajemnego uczenia się od siebie i współpracy między studentami.



Rys. 6. Metody innowacyjne podczas studiów wg studentów

Po przyjęciu poziomu istotności 0.05 okazało się, że różnice w obserwowanych frakcjach dla mężczyzn i kobiet są statystycznie istotne dla wszystkich metod poza dwiema. Mianowicie dla metody *projektu edukacyjnego* oraz metody

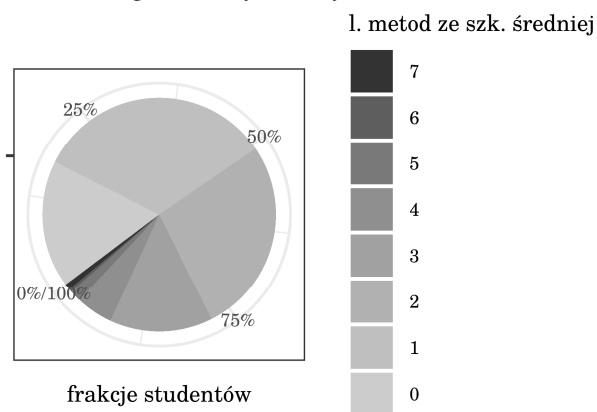
design thinking istotnie większa jest frakcja zainteresowanych nimi kobiet.



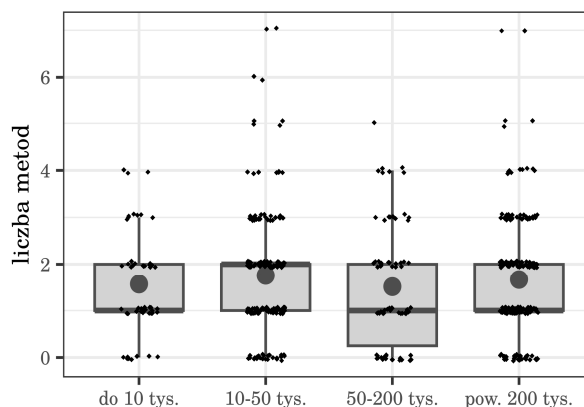
Rys. 7. Metody innowacyjne warte stosowania wg studentów

4.2. Znajomość innowacyjnych metod w zależności od wielkości miejscowości

Pewien obraz znajomości innowacyjnych metod daje rozkład *liczby* zaznaczonych metod. W każdym z pytań 6, 7, 8, 9 student mógł zaznaczyć maksymalnie siedem metod.



Rys. 8. Frakcje studentów, którzy stosowali w szkole średniej poszczególne liczby innowacyjnych metod spośród wymienionych



Rys. 9. Podsumowanie liczby metod stosowanych w szkołach średnich w zależności od wielkości miejscowości

Rysunek 8 ilustruje rozkład tej liczby dla pytania 7, czyli pytania dotyczącego metod innowacyjnych stosowanych w szkole średniej.

Interesujące okazało się sprawdzenie, czy liczba metod stosowanych w szkole średniej jest w jakiś sposób skorelowana z wielkością miejscowości, w której student kończył szkołę średnią. Rysunek 9 ilustruje położenie średniej wartości (grube kropki) wraz z wykresem pudełkowym dla każdej kategorii miejscowości. Jak widać rozkłady empiryczne liczby metod różnią się dla poszczególnych kategorii miejscowości, natomiast różnice poziomów średnich nie wydają się znaczące.

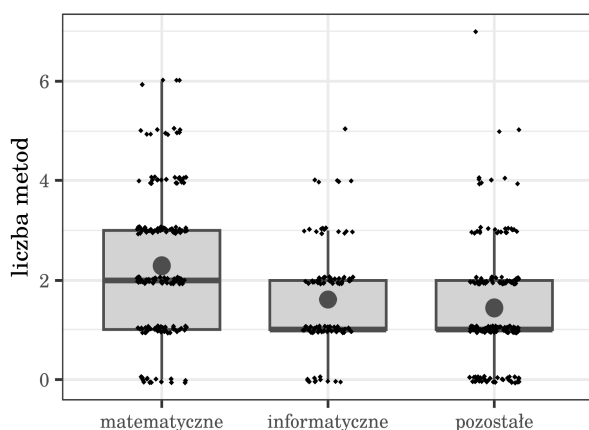
Dla porównania wartości średnich w tych czterech grupach użyto nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa (sposób tworzenia danych oraz zakres ich wartości wyklucza założenia o normalności rozkładu). Obliczona wartość p dla tego testu to 0,633, zatem dane nie dają żadnych podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej, że rozkłady dla poszczególnych grup nie różnią się.

4.3. Zależność od kierunku studiów

Zbadano również zależność liczby metod innowacyjnych, które zdaniem studentów były stosowane podczas zajęć, od kierunku studiów. Kierunki studiów podzielono na trzy kategorie:

- matematyczne (matematyka oraz IAD),
- informatyczne (informatyka oraz IZIWE),
- pozostałe (budownictwo, ETI, IB, IM, IOZE, IŚ).

Z rysunku 10 wyraźnie wynika, że typ kierunku studiów wpływa na liczbę innowacyjnych metod, jakie były stosowane podczas zajęć. Test Kruskala-Wallisa dla tych trzech grup dał wartość p równą 1,1366e-10. Zastosowany następnie test par Wilcoxona potwierdził, że różnice pomiędzy informatyczne a pozostałe nie są istotne na poziomie istotności 0,05 (wartość p testu wyniosła ponad 0,08), natomiast różnice pomiędzy grupą matematyczne i obiema pozostałymi są istotne (w obu przypadkach wartości p były niższe niż 0,0001).

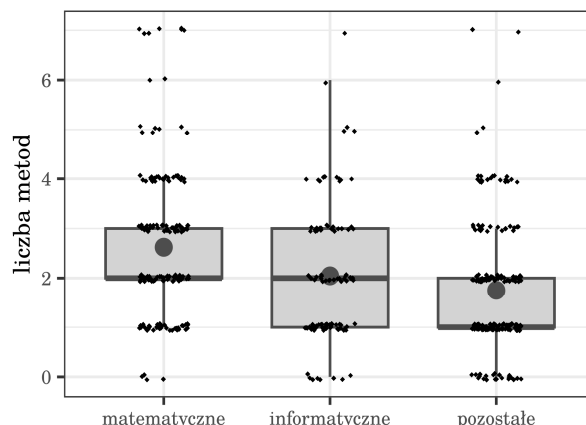


Rys. 10. Podsumowanie liczby metod stosowanych podczas studiów w zależności od typu kierunku

Ciekawe okazało się także sprawdzenie, jaki jest związek typu kierunku studiów z wyobrażeniami na temat innowacyjnych metod, które powinny być stosowane na zajęciach z przedmiotów matematycznych.

Patrząc na wykres 11 łatwo zauważyć, że przeciętne poziomy różnią się. Test Kruskala-Wallisa dla tych trzech

grup dał wartość p równą 4,8834e-10. Zastosowany następnie test par Wilcoxona potwierdził, że na poziomie istotności 0,05 różnice rozkładów tej cechy między wszystkimi trzema parami są istotne, przy czym wartość p dla testowania różnicy między grupą informatyczne a pozostałe wyniosła 0,044, dla pozostałych dwóch par te wartości są poniżej 0,001.



Rys. 11. Podsumowanie liczby metod, jakie powinno się stosować wg studentów w zależności od typu kierunku studiów

4.4. Wpływ długości okresu studiowania

Ankiety uzupełniane były przez studentów różnych semestrów studiów. Ankietyzację przeprowadzono w semestrze letnim, zatem wśród studentów studiów stopnia pierwszego można spotkać tylko studentów semestrów 2, 4, 6. Jeżeli chodzi o studia drugiego stopnia, to w Politechnice Lubelskiej większość z nich rozpoczyna się w semestrze letnim, niektóre w zimowym, stąd odpowiedzi od studentów wszystkich semestrów od 1 do 4.

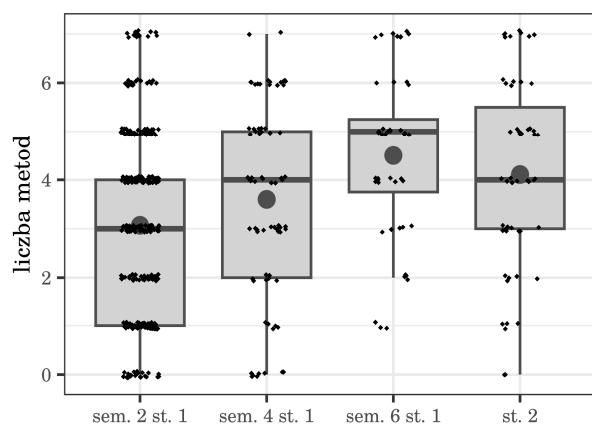
Z powodu niewielkiej liczby respondentów z semestrów 2, 3, 4 studiów drugiego stopnia rozważono badanie z połączeniem wszystkich studentów stopnia drugiego. Pogrupowano więc studentów ze względu na doświadczenie w studiowaniu w grupy, jak w tabeli 1.

Na początku rozważono liczby znanych innowacyjnych metod nauczania w podziale na semestr studiów. Podsumowanie zilustrowane zostało na rysunku 12. Obliczona wartość p dla testu Kruskala-Wallis to 3,5903e-07. Zatem różnice pomiędzy grupami są istotne. Widać wyraźnie wzrost świadomości studentów na temat tych metod w miarę większego doświadczenia. Trochę inaczej sytuacja wygląda przy analizie drugiego stopnia studiów. Można to wytłumaczyć sposobem rekrutacji na te studia (różne uczelnie, różne roczniki), a także statystyczną nieistotnością tej różnicy.

Tabela 1. Liczby uczestników z poszczególnych semestrów, po połączeniu

semestr	stopień	n
2	1	327
4	1	75
6	1	48
1-4	2	55

Przy badaniu istotności różnic w parach test par Wilcoxona na poziomie istotności 0,05 wskazał, że statystycznie nieistotne są różnice pomiędzy semestrem 4 i stopniem drugim, a także pomiędzy semestrem 6 i stopniem 2. Dla pozostałych 4 par różnice są istotne.

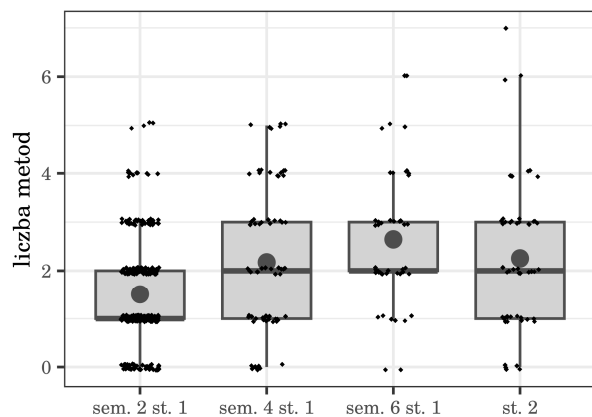


Rys. 12. Podsumowanie liczby znanych metod wg semestru studiów

Rozważono także liczbę innowacyjnych metod nauczania, które studenci pamiętają ze stosowania w szkole średniej w podziale na semestr studiów. Okazało się, że są one podobne dla różnych semestrów, na których studiują ankietowani. Obliczona wartość p dla testu Kruskala-Wallisa to 0,40276. Zatem różnice pomiędzy grupami są statystycznie nieistotne. To jest zgodne z oczekiwaniem, gdyż długość studiowania nie powinna mieć dużego wpływu na to, co się działo w poprzednim etapie kształcenia.

W dalszej części rozważono liczbę innowacyjnych metod nauczania, które studenci pamiętają ze stosowania ich podczas studiów w podziale na semestr studiów. Podsumowanie zilustrowane zostało na rysunku 13. Obliczona wartość p dla testu Kruskala-Wallisa to 1,4981 e-09, zatem hipotezę o braku różnic między grupami odrzucono.

Relacje między średnimi w poszczególnych grupach są podobne do tych z rysunku 12, jednak średnie są ewidentnie na niższym poziomie i więcej różnic między grupami jest statystycznie istotnych. Dokładniej, na poziomie istotności 0,05 test par Wilcoxona za istotne uznaje tylko różnice pomiędzy semestrem 2 studiów pierwszego stopnia i każdą z pozostałych trzech grup.



Rys. 13. Podsumowanie liczby metod stosowanych podczas studiów wg semestru studiów ankietowanego

5. METODY NIEWYMIENIONE W ANKIECIE

Na ostatnie pytanie w ankiecie odpowiedzieli kilkanaście procent uczestników, dokładniej były 62 takie odpowiedzi. Część z nich wskazywała na niezrozumienie pytania. Pytanie dotyczyło metod *niewymienionych*, tymczasem studenci wpisywali takie odpowiedzi, jak *flipped classroom* czy *metoda tekstu przewodniego*, które ewidentnie w ankiecie wymienione były. Chociaż ankietę zasadniczo dotyczyła metod innowacyjnych, to jednak w tym pytaniu takiego zastrzeżenia nie było i stąd pojawiło się szereg odpowiedzi typu:

- *bardziej szczegółowe przekazywanie materiałów,*
- *brak narzucania tempa oraz możliwość dojścia do rozwiązania w inny sposób niż wymagany,*
- *częstsze powtórki materiału,*
- *dobieranie do zadań interesujących tematów, które przydadzą się w przyszłości,*
- *duża liczba ilości zadań z odpowiedziami i sposobem ich rozwiązania,*
- *lepiej tłumaczone zagadnienia,*
- *łatwiejsze egzaminy,*
- *mniej materiału,*
- *nacisk na przykłady praktycznych zastosowań poruszanych tematów,*
- *rezygnacja z uczenia się wzorów na pamięć,*
- *robienie trudniejszych przykładów na zajęciach, nie w domu,*
- *szczegółowe i wolniejsze przekazywanie treści,*
- *wizualizacja poprzez przykłady z życia,*
- *wykładowcy oraz osoby prowadzące zajęcia powinny potrafić przekazywać wiedzę.*

Jak widać część z nich była oczywista i sensowna (np. *lepiej tłumaczone zagadnienia*), część dyskusyjna (np. *mniej materiału*), część może prowadzić do refleksji nad jakością prowadzonych zajęć. Jednak nie dotyczyły one bezpośrednio tematu pracy, czyli metod innowacyjnych. Metod innowacyjnych dotyczyły natomiast odpowiedzi takie jak:

- *dyskusja dydaktyczna,*
- *metoda sytuacyjna,*
- *e-learning czyli samodzielna praca studenta z materiałami przygotowanymi przez nauczyciela, z możliwością spotkania się na konsultacjach,*
- *case studies,*
- *scenariusze decyzyjne,*
- *korzystanie z filmów edukacyjnych,*
- *korzystanie z poradników w internecie,*
- *metoda kuli śnieżnej,*
- *metoda piramidy priorytetów,*
- *metoda problemowa – samodzielna identyfikacja problemów i poszukiwanie ich rozwiązań,*
- *metoda spiralna – stopniowe wprowadzanie bardziej zaawansowanych pojęć, wracając przy tym do wcześniej nauczonych treści,*
- *metoda wizualizacji,*
- *platforma edukacyjna online stworzona przez uczelnię,*
- *wprowadzenie zajęć/warsztatów odbywających się w różnego rodzaju firmach podczas roku akademickiego.*

Ta bogata lista świadczy o tym, że część studentów Politechniki Lubelskiej ma duże rozeznanie w zagadnieniu stosowania innowacyjnych metod nauczania.

6. WNIOSKI

Z badań wynika, że metody innowacyjne są na ogół znane studentom, jednak nie wszystkie w równym stopniu. Najczęściej wymienianą metodą była *metoda tekstu przewodniego*, natomiast za najbardziej atrakcyjną i wartą

wprowadzenia studenci uznali *metodę peer learning*. Dostrzegają więc oni znaczenie pracy zespołowej i wzajemnej odpowiedzialności za rozwój. Warto zwrócić na to uwagę wprowadzając na przykład więcej zadań typu projektowego w ramach klasycznych zajęć. Ponadto zauważono, że liczba znanych i stosowanych metod innowacyjnych wzrasta wraz z czasem studiowania na pierwszym stopniu studiów. Ma to oczywiście pozytywny wydźwięk. Brak dalszego wzrostu na drugim stopniu studiów można wyjaśnić sposobem rekrutacji na te studia. Przewiduje on możliwość przyjmowania absolwentów innych uczelni, a ich doświadczenie w tym względzie przekłada się na ogólny obraz wyników.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Ratajczak S., Uroda J.: Innowacje dydaktyczne jako element przewagi konkurencyjnej na rynku uczelni wyższych, w: Procesy innowacyjne w polskiej gospodarce potencjał zmian, ed. A. Francik, K. Szczepańska-Woszczyzna, J. Dańo, Dąbrowa Górnicza 2016, s. 221-231.
2. Bauman T.: Dydaktyka akademicka a innowacje, Przegląd Pedagogiczny, Nr 1, Bydgoszcz 2011, s. 267-276.
3. Czekaj-Kotynia K. (red.): Nowoczesne metody dydaktyczne w procesie kształcenia, Instytut Nauk Społeczno-Ekonomicznych sp. z o.o., Drukarnia Cyfrowa i Wydawnictwo „Piktor”, Łódź 2013.
4. Wawer M.: Grywalizacja w edukacji akademickiej – możliwości i ograniczenia jej wykorzystania w kształceniu studentów, Edukacja – Technika – Informatyka, Nr 2/16. Wydawnictwo UR 2016, s. 197-205.
5. Trzcionka M.: Innowacje w edukacji – grywalizacja w procesie dydaktycznym, Państwo i Społeczeństwo, Nr 1, 2018, s. 49-68.
6. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2024.

ANALYSIS OF THE NEEDS AND EXPERIENCES OF STUDENTS AT LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY REGARDING INNOVATIVE METHODS OF TEACHING IN MATHEMATICAL SUBJECTS

The article presents the results of a survey conducted in the spring of 2024 among students of selected fields of study at the Lublin University of Technology. This study was aimed at checking the students' level of knowledge of innovative teaching methods, analyzing whether such methods had been used during their previous studies, as well as verifying the students' needs in this area. The results of the surveys, the most important relationships resulting from them and the authors' considerations on the factors influencing students' answers are presented. Research shows that innovative methods are generally known to students, but not all of them to the same extent. The most known method is the guiding text method. However, students considered the peer learning method to be the most attractive and worth introducing. Therefore, they recognize the importance of teamwork and mutual responsibility for development. It is worth paying attention to this, for example by introducing more project-type tasks as part of classic classes.

Keywords: teaching innovations, didactics of mathematics in higher education.

NOWOCZESNE TECHNIKI NAUCZANIA Z H5P

Agnieszka WAŁACHOWSKA

Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii
tel.: 58 347 13 21 e-mail: agnwalac@pg.edu.pl

Streszczenie: Artykuł przedstawia H5P jako narzędzie umożliwiające tworzenie różnorodnych, atrakcyjnych wizualnie oraz interaktywnych materiałów edukacyjnych w środowisku e-learningowym Moodle. Korzystanie z H5P eliminuje potrzebę znajomości języków programowania, co czyni go dostępnym dla szerokiego spektrum użytkowników. Artykuł ma na celu zwiększenie świadomości o potencjale interaktywnych treści H5P w edukacji na przykładach z obszaru przedmiotów ilościowych, jak również zachęcenie nauczycieli do ich kreatywnego wykorzystania w procesie nauczania.

Słowa kluczowe: H5P, interaktywne treści edukacyjne, Moodle, blended learning.

1. WPROWADZENIE

Materiały dydaktyczne to nie tylko źródło wiedzy, ale również kluczowe narzędzie wspierające proces zdobywania umiejętności. W dobie dynamicznego rozwoju technologii treści edukacyjne oraz sposoby interakcji ze studentami nieustannie ewoluują. Jako wykładowcy stajemy przed wyzwaniem tworzenia materiałów, które nie tylko pobudzają aktywność i zaangażowanie studentów, ale również motywują i przyspieszają proces uczenia się. W celu sprostania tym wymaganiom, treści dydaktyczne muszą być projektowane z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi. Przykładem takiego narzędzia jest H5P (skrót od HTML5 Package), które dzięki swoim możliwościom integracji ze środowiskami e-learningowymi Moodle, poprzez tzw. Bank Zawartości, umożliwia tworzenie angażujących aktywności edukacyjnych, takich jak quizy, interaktywne wideo, wirtualna wycieczka i inne. Przez to nauczanie staje się bardziej interaktywne i atrakcyjne dla studentów, a co za tym idzie skuteczne.

Wielu nauczycieli akademickich wciąż wykorzystuje jedynie podstawowe funkcje Moodle, takie jak udostępnianie plików, zadania, quizy czy czaty. Poprzez swoją monotonię mogą obniżać motywację do nauki. W celu poradzenia sobie z tym problemem warto poznawać nowe narzędzia dostępne na platformie. Artykuł ma na celu zwiększenie świadomości o potencjale interaktywnych treści H5P w edukacji na przykładach z obszaru przedmiotów ilościowych, jak również zachęcenie nauczycieli do ich kreatywnego wykorzystania w procesie nauczania.

2. INFORMACJE OGÓLNE DOTYCZĄCE H5P

2.1. Potencjał H5P w edukacji

H5P to bezpłatna i stosunkowo intuicyjna biblioteka narzędzi przeznaczonych do tworzenia interaktywnych treści

e-learningowych. Twórcy podsumowują powody powstania H5P jako odpowiedź na problemy związane z prawami autorskimi, kompatybilnością różnych formatów treści oraz trudnościami technicznymi występującymi w innych narzędziach [1].

W literaturze można znaleźć badania, które wskazują na liczne korzyści wynikające z zastosowania H5P w edukacji. Wśród najważniejszych zalet wymienia się pozytywny wpływ na wyniki ocen uczniów, zwiększenie ich satysfakcji z nauki, wyższą motywację oraz lepsze zapamiętywanie informacji [2, 3]. Ponadto różnorodne typy treści umożliwiają dostosowanie materiałów do danych stylów uczenia się, co sprzyja lepszemu przyswajaniu wiedzy [4]. Dzięki H5P nauczyciele mogą tworzyć materiały, które promują aktywne uczenie się, co jest uznawane za bardziej efektywne niż tradycyjne metody nauczania [5, 6]. Wydaje się więc, że dzięki swoim funkcjonalnościom i dostępności, narzędzie to ma potencjał, aby znacząco wpłynąć na efektywność procesu edukacyjnego.

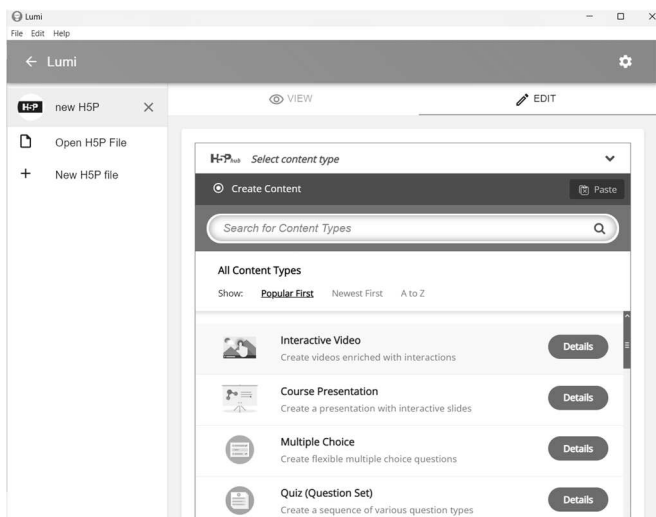
2.2. Pierwsze Kroki z H5P

Jako projektanci mamy do wyboru aż 54 typy treści do których m.in. należą narzędzie przeciągnij i upuść czy wypełnij puste miejsca, hotspot, interaktywne obrazy, memory, quizy, oś czasu, pytania prawda/fałsz, interaktywne wideo czy interaktywne prezentacje.



Rys. 1. Przykładowe typy treści dostępnych na h5p.org

Do wszystkich aktywności znajdziemy szczegółowe tutoriale na stronie h5p.org, gdzie po zalogowaniu się mamy możliwość tworzenia i zapisywania swoich materiałów. Wzbogaconą wersję komercyjną można znaleźć na h5p.com. Do tworzenia treści interaktywnych H5P przydatna jest także aplikacja Lumi.



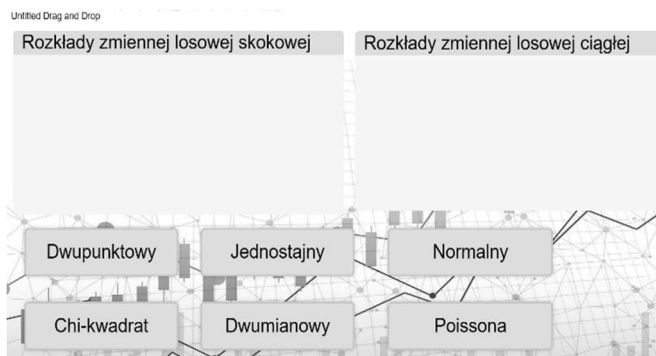
Rys. 2. Okno aplikacji Lumi do tworzenia materiałów H5P

Utworzone pliki należy przesłać do Banku Zawartości Moodle, aby później dodać je jako aktywność. Istnieje również możliwość osadzenia zawartości H5P w dowolnej aktywności Moodle wklejając kod osadzania do Edytora źródła HTML w edytorze tekstu danego zasobu.

3. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA H5P NA PRZEDMIOCIE PODSTAWY STATYSTYKI

Decydując się na rolę twórcy treści, można uruchomić każdy z dostępnych formatów za pomocą jednego kliknięcia w przeglądarce internetowej lub aplikacji Lumi, a następnie wypełnić go odpowiednią zawartością. To właśnie wypełnienie tych formatów stanowi największe wyzwanie dla projektanta. Dostępność licznych opcji oraz treści, które w tradycyjnym nauczaniu funkcjonowałyby jako skrypt do przedmiotu, ukazuje, że oprócz wyboru narzędzia kluczowa jest także umiejętność adaptacji treści do formatu online.

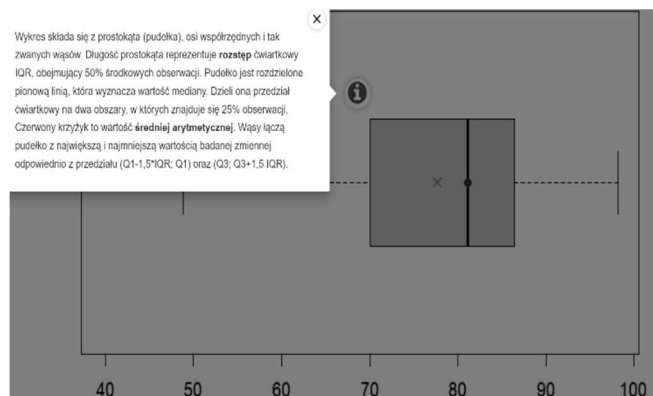
Potencjał H5P w nauczaniu przedmiotów ścisłych można dostrzec w różnych typach treści, a jego pełne wykorzystanie zależy od pomysłowości i projektu twórcy zadania. Część aktywności wydaje się być podobna do pytań dostępnych w testach na platformie Moodle jak chociażby pytania jednokrotnego, wielokrotnego wyboru czy dopasowanie przez przeciągnij i upuść. Przykład został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Zadanie typu przeciągnij i upuść utworzone w H5P

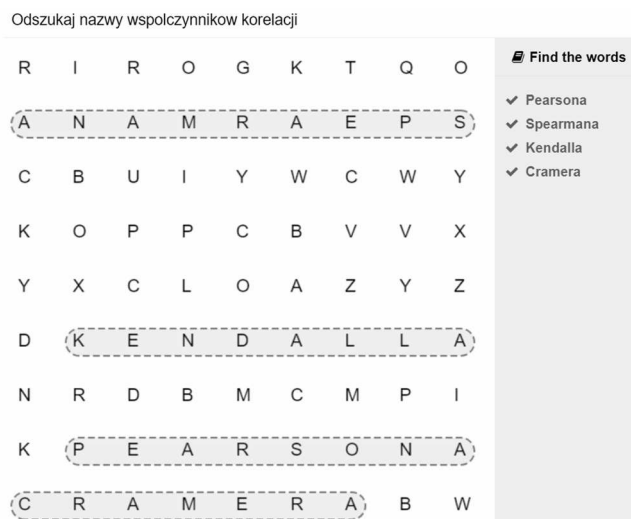
Zaletą korzystania z H5P przy tworzeniu tego rodzaju pytań są większe możliwości wizualne, kontrola nad wielkością obszarów oraz możliwość dodawania tła w postaci obrazków. H5P oferuje jednak również treści, które nie mają

odpowiedników wśród dostępnych typów pytań na Moodle. Do ciekawszych należą zadania z możliwością pracy na rysunkach czy wykresach. Na przykład zadanie znajdź wiele punktów umożliwia tworzenie testu opartego na obrazach, w którym student musi znaleźć odpowiednie miejsca na obrazie. Punkty aktywne obrazu, gdzie hotspoty po kliknięciu mogą ujawniać teksty, obrazy lub filmy (rys. 4). Inne to wybór obrazu, parowanie obrazów czy sekwencjonowanie obrazów, w którym to kolejność obrazów jest losowa, a student musi ją uporządkować na podstawie opisu zadania.



Rys. 4. Zadanie typu punkty aktywne obrazu utworzone w H5P

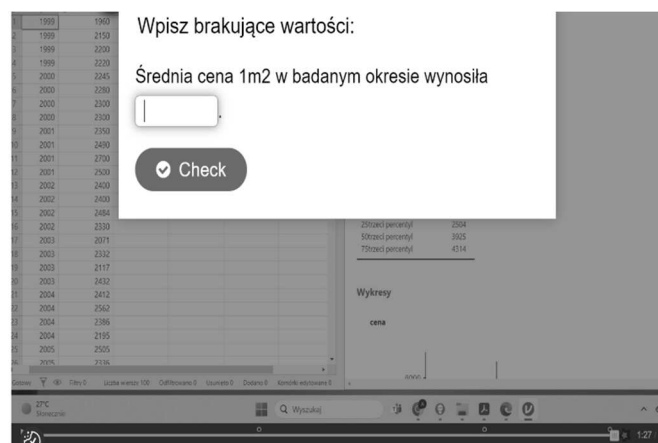
H5P umożliwia tworzenie zadań, które można wykorzystać nie tylko do powtórzenia, utrwalenia materiału czy sprawdzenia wiedzy studenta, ale także jako formę zabawy, przerw w trakcie zajęć lub elementu gry edukacyjnej. Warto tu wspomnieć o grze pamięciowej, przypominającej tradycyjne memory, fiszki mogące zawierać obrazy połączone z pytaniami i odpowiedziami, mapa gry, składająca się z etapów, które można ułożyć na obrazie tła czy aktywność znaleźć słowa (rys. 5).



Rys. 5. Zadanie typu znaleźć słowa utworzone w H5P

Ciekawym, angażującym i dającym wiele możliwości narzędziem edukacyjnym są interaktywne filmy H5P. Pozwalają one na wzbogacenie tradycyjnych materiałów wideo o interaktywne elementy. Dzięki nim można dodawać do filmów quizy, pytania wielokrotnego wyboru, notatki, linki czy interaktywne punkty, które widz musi kliknąć, aby kontynuować oglądanie (rys. 6). Takie podejście nie tylko zwiększa zaangażowanie studentów, ale również umożliwia natychmiastowe sprawdzenie zrozumienia materiału.

Studenci nie są już w tym momencie jedynie biernymi odbiorcami treści, ale stają się aktywnymi uczestnikami procesu edukacyjnego.

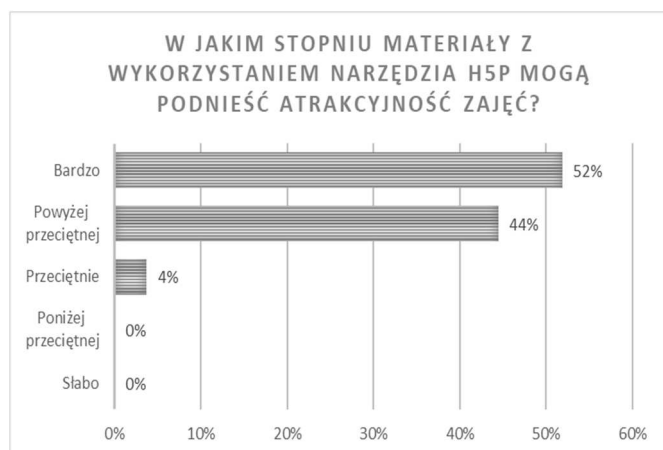


Rys. 6. Zadanie typu interaktywne filmy utworzone w H5P

Interaktywne filmy H5P mogą być wykorzystywane w różnych kontekstach edukacyjnych, od lekcji online po filmy instruktażowe, zapewniając dynamiczne i angażujące środowisko nauki.

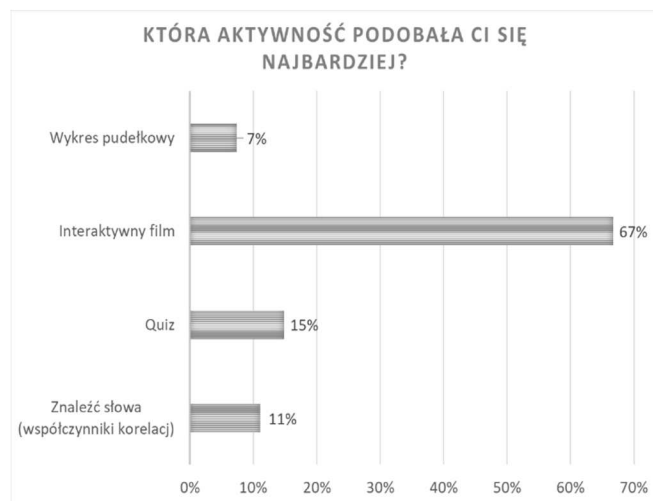
4. H5P Z PERSPEKTYWY STUDENTA – OPINIE I PIERWSZE WRAŻENIA

Zadania z zakresu statystyki utworzone w H5P, których przykłady znajdują się w rozdziale 3, zostały przetestowane przez 104 studentów pierwszego roku kierunku Analityka Gospodarcza na Wydziale Zarządzania i Ekonomii. Następnie przeprowadzono ankietę, aby poznać ich opinie na temat zaprezentowanych materiałów. Ogólnie spotkały się one z pozytywnym odbiorem. Średnia odpowiedzi na pytanie „W jakim stopniu materiały z wykorzystaniem narzędzia H5P mogą podnieść atrakcyjność zajęć?” wynosiła 4,48 w 5-stopniowej skali Likerta (rys. 7).



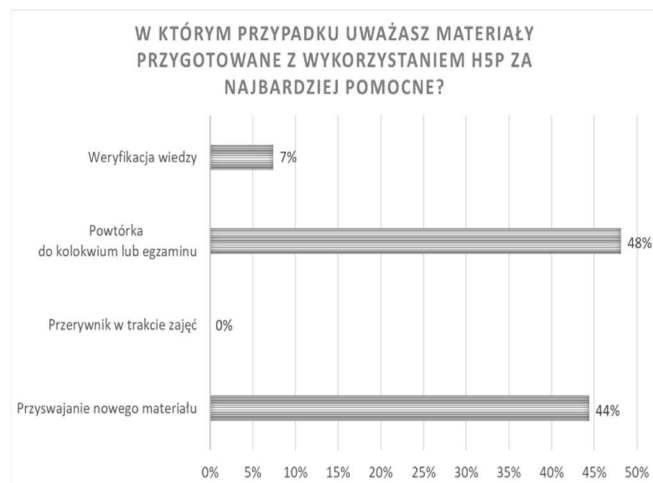
Rys. 7. Wyniki odpowiedzi na jedno z pytań ankietowych

Interaktywny film, który został przygotowany jako film instruktażowy zagadnienia poruszanego na laboratorium, głosem 67% studentów został uznany za aktywność, która podobała się najbardziej spośród zaprezentowanych (rys. 8).



Rys. 8. Wyniki odpowiedzi na jedno z pytań ankietowych

Studenci uznali, że tego typu zadania są przydatne zarówno w przyswajaniu nowego materiału, jak i podczas powtórek przed kolokwiami. Takie odpowiedzi uzyskiwały odpowiednio 45% i 48% głosów (rys. 9).



Rys. 9. Wyniki odpowiedzi na jedno z pytań ankietowych

Ankietowani chętnie udzielili również odpowiedzi na pytanie otwarte, w którym mogli podzielić się swoimi poglądami na temat H5P. Wśród odpowiedzi pojawiły się słowa:

- „Tego typu materiały byłyby bardzo pomocne zarówno do nauki bieżącej przed zajęciami, jak i w trakcie nauki do kolokwium/egzaminu. Osoby, które z różnych przyczyn nie przyswoiły aktualnego materiału, mogłyby wrócić do niego po zajęciach lub do egzaminu.”
- „Bardzo mi się podobała taka forma sprawdzania/przyswajania wiedzy.”
- „Jest to bardzo ciekawe i nowoczesne rozwiązanie.”
- „Wszystkie narzędzia oprócz wykreślanki były bardzo ciekawe. Wykreślanka nie daje żadnej wiedzy, a zajmuje dużo czasu. Uśmiechałam się, wykonując zadania.”

5. WNIOSKI KOŃCOWE

H5P jest cennym wsparciem dla nowoczesnego nauczania, oferując narzędzia, które znacząco wzbogacają doświadczenie edukacyjne zarówno nauczycieli, jak i studentów. Jego szeroka gama funkcji wspiera innowacyjne metody nauczania oraz nowoczesne podejście do nauki, a interaktywność, prostota obsługi, integracja z platformami edukacyjnymi oraz dostępność stanowią kluczowe atuty. Te cechy zachęcają do wykorzystania H5P w celu wzbogacenia procesu nauczania. Opinie studentów wskazują, że interaktywne treści są bardziej angażujące i mogą skutecznie wspomagać proces uczenia się w porównaniu z tradycyjnymi metodami. Taka pozytywna reakcja uczniów powinna motywować nauczycieli do dalszego eksperymentowania i integracji H5P w swoich zajęciach, co w efekcie ma na celu podnoszenie jakości edukacji czyniąc ją bardziej nowoczesną i dostosowaną do potrzeb współczesnego świata.

6. BIBLIOGRAFIA

1. H5P, <https://h5p.org/about-the-project>, data dostępu 14.09.2024
2. Chen, L., Manwaring, P., Zakaria, G., Wilkie, S., Loton, D.: Implementing H5P Online Interactive Activities at Scale, 2021.
3. Wicaksono, J.A., Setiarini, R.B., Ikeda, O., Novawan, A.: The Use of H5P in Teaching English. Presented at the The First International Conference on Social Science, Humanity, and Public Health (ICOSHIP 2020), Atlantis Press, 2021, s. 227–230.
4. Garrison, D. R., & Kanuka, H.: Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), (2004). s. 95-105.
5. Prince, M.: Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), (2004), s. 223-231.
6. Wicaksono, J.A., Setiarini, R.B., Ikeda, O., Novawan, A.: The Use of H5P in Teaching English. Presented at the The First International Conference on Social Science, Humanity, and Public Health (ICOSHIP 2020), Atlantis Press, 2021. s. 227–230.

MODERN TEACHING TECHNIQUES WITH H5P

The article presents H5P as a tool that enables the creation of a variety of visually appealing and interactive learning materials in the Moodle e-learning environment. Using H5P eliminates the need for knowledge of programming languages, making it accessible to a wide range of users. The article aims to raise awareness of the potential of H5P interactive content in education using examples from the field of quantitative subjects, as well as to encourage teachers to use it creatively in the teaching process.

Keywords: H5P, Interactive learning content, Moodle, blended learning.

STUDENT NAUCZANY CZY UCZĄCY SIĘ?

Renata DŁUGOSZ¹, Monika LINDNER²

1. Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki Politechniki Łódzkiej
tel.: 42 6313620 e-mail: renata.dlugosz@p.lodz.pl
2. Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki Politechniki Łódzkiej
tel.: 42 6313620 e-mail: monika.lindner@p.lodz.pl

Streszczenie: W artykule podamy, jak wykorzystujemy wybrane nowoczesne metody nauczania do aktywizacji studentów na zajęciach z Matematyki i czy dzięki nim studenci zaliczają odpowiednie efekty uczenia się i tym samym opanowują treści programowe przewidziane dla danych zajęć. Spróbujemy odpowiedzieć na pytanie, czy metody te zmieniają studenta z nauczanego na uczącego się.

Słowa kluczowe: aktywizacja studentów, Project Based Learning, Blended Learning, quizy.

1. WPROWADZENIE

Przypomnijmy, że studiowanie to proces zdobywania wiedzy i umiejętności poprzez systematyczne i głębokie poznawanie danej dziedziny nauki. Od studenta wymaga zaangażowania, samodzielności i ciągłego poszukiwania nowej wiedzy. Studiowanie nie polega tylko na zapamiętywaniu faktów, ale głównie na rozumieniu związków między nimi i budowaniu własnej wiedzy.

Jednakże z wieloletnich obserwacji wynika, że studiowanie dla wielu słuchaczy niezbyt różni się od nauczania w szkole średniej. Studenci postrzegają nauczyciela jako osobę, która posiada wiedzę i ma im ją przekazać, a oni tę wiedzę mają przyswoić. Ponieważ wielu studentów studiów stacjonarnych wiąże studiowanie z pracą, to często nie mają czasu na czytanie literatury. Jedyne źródła wiedzy dla większości studentów to notatki z ćwiczeń i materiały z wykładów, o ile prowadzący je udostępnia. Są studenci, którzy nie chcą wiedzieć - chcą tylko zaliczyć przedmiot. Zdarza się, że studenci swoje porażki i niepowodzenia związane ze studiowaniem przypisują nauczycielowi. Zarzucają, że nie wytłumaczył zagadnienia, że na ćwiczeniach rozwiązany został tylko jeden przykład. Dlatego potrzebne są zmiany, by student z nauczanego stał się uczącym się.

Aktywne metody nauczania to droga do tych zmian i efektywnego kształcenia. Zyskują one coraz większą popularność na uczelniach na całym świecie. Odejdźcie od tradycyjnych wykładów na rzecz bardziej angażujących form edukacji pozwala studentom na głębsze zrozumienie materiału, rozwój umiejętności praktycznych oraz lepsze przygotowanie do wyzwań współczesnego świata.

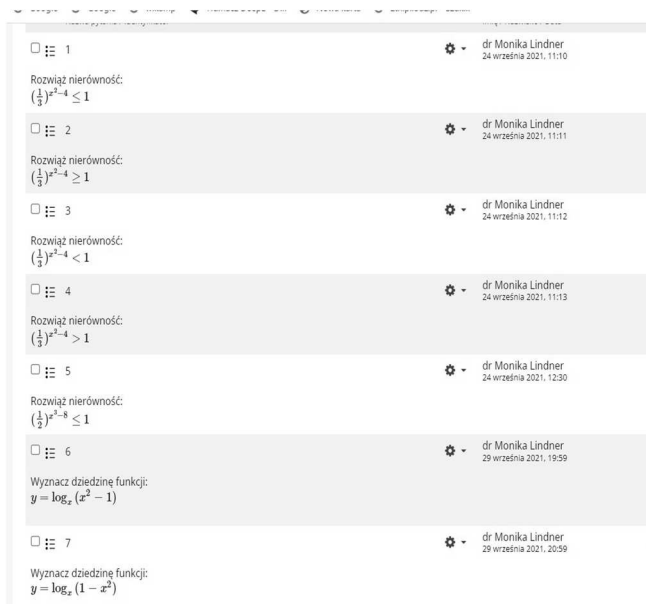
Politechnika Łódzka jest jedyną w Polsce uczelnią ECIU, czyli należącą do Europejskiego Konsorcjum Innowacyjnych Uniwersytetów, w skład którego wchodzi 14 europejskich uczelni (patrz [1]). „Dla kadry akademickiej Uniwersytet ECIU jest efektywną platformą testową dla

nowatorskich metod kształcenia i stanowi grunt dla tworzenia nowych modeli edukacyjnych.” Politechnika Łódzka ciągle doskonali system kształcenia. Dbą zarówno o rozwój studentów, jak i kadry akademickiej. Studentom oferuje kształcenie nowoczesnymi metodami nauczania. Już na stronie internetowej Politechniki Łódzkiej student może zapoznać się z ofertą stosowanych na uczelni nowoczesnych aktywnych metod i technik zdobywania wiedzy takich, jak: Problem Based Learning (PBL), Project Based Learning (PBL), Flipped Education, Design Thinking, Case Teaching, Blended Learning, Tutoring oraz Challenge Based Learning (CBL). Nauczycielom akademickim uczelnia oferuje wiele szkoleń w zakresie tych metod. My brałyśmy udział w wielu szkoleniach, a poznane tam wybrane metody zaimplementowałyśmy na różnych przedmiotach i w grupach studentów na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej.

2. TRYB PROWADZENIA ZAJĘĆ I AKTYWNE METODY PROBLEMOWE

Zacniemy od Blended Learning- trybu prowadzenia zajęć, który stosujemy na wszystkich kierunkach Wydziału. Blended Learning łączy tradycyjne synchroniczne metody nauczania z aktywnościami prowadzonymi zdalnie za pomocą komputera i smartfonów. Dla wszystkich naszych studentów umieszczamy na platformie WIKAMP (Moodle) materiały do prowadzonych przez nas wykładów i ćwiczeń. Zaletą B-Learningu jest możliwość stosowania podczas zajęć bezpośrednich form aktywizacji studentów oraz form zdalnych. Nasi studenci już podczas pierwszego spotkania z nami stykają się z tą metodą. Od kilku lat na pierwszym wykładzie z Matematyki 1 na kierunku Budownictwo w celu zorientowania się, na jakim poziomie studenci zdali maturę, przeprowadzamy krótką ankietę na ten temat.

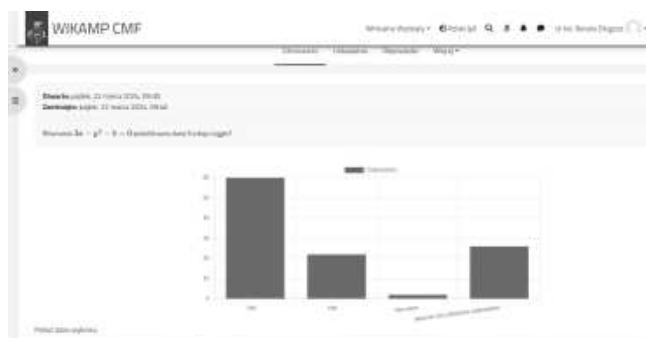
Rys. 1. Test (źródło: opracowanie własne)



Rys. 2. Wersje zadań (źródło: opracowanie własne)

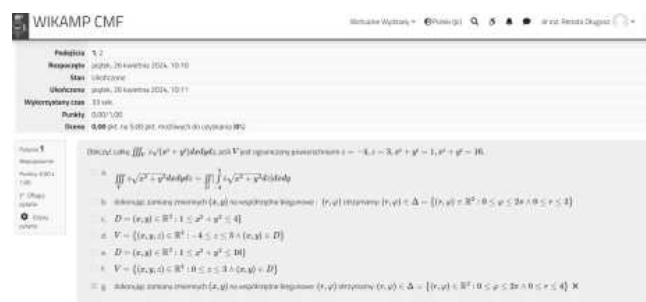
Ankiety oczywiście zamieszczamy na platformie Wikamp. Po ankiecie studenci wypełniają krótki test elementarnej wiedzy z zakresu szkoły średniej. Test składa się z 6 różnych zadań (rys. 1) i każde z nich zawiera po kilkanaście wersji (rys. 2).

W trakcie każdego wykładu, w celu aktywizacji studentów przeprowadzamy krótkie quizy dotyczące omawianego materiału. Wyniki omawiane i prezentowane są na ekranie (rys. 3).



Rys. 3. Wyniki quizu (źródło: opracowanie własne)

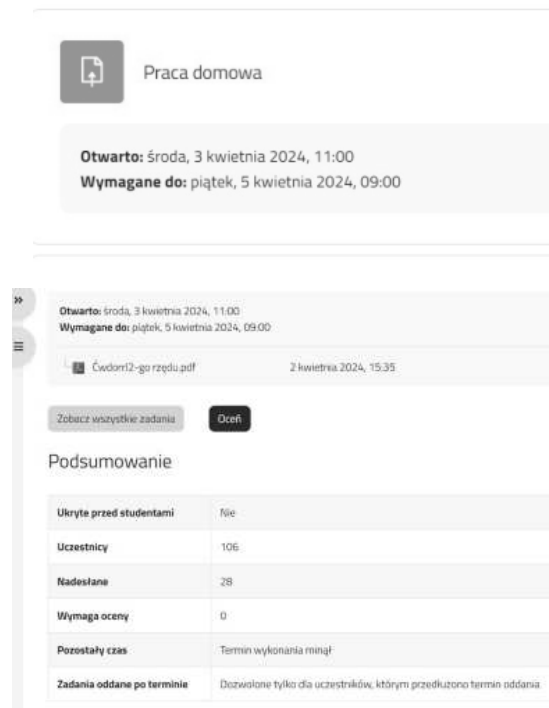
Przeprowadzamy również krótkie testy ćwiczeniowe w formie zadań, sprawdzające wiedzę po danym wykładzie lub ćwiczeniach (rys. 4).



Rys. 4. Testy ćwiczeniowe (źródło: opracowanie własne)

Testy i quizy nie są oceniane, służą do przyswajania i utrwalania wiedzy. Student natychmiast po zakończeniu

testu widzi swoje rozwiązanie i ewentualnie popełnione przez siebie błędy. Do testów student może podchodzić wielokrotnie, aż poprawnie rozwiąże zadania. Rozwiązanie testów pozwala studentowi systematycznie utrwalać wiedzę. Inną aktywnością na platformie w celu systematycznego uczenia się są zadawane w formie zadań prace domowe. Nie są one obowiązkowe. Studenci, którzy odsyłają poprawne rozwiązania, nagradzani są punktami. Punkty następnie dopisywane są do punktów zdobytych na egzaminie lub ćwiczeniach i mogą studentowi podnieść ocenę końcową z przedmiotu (rys. 5).



Rys. 5. Prace domowe (źródło: opracowanie własne)

Przejdźmy teraz do metod problemowych i projektowych aktywizujących studentów, jakie stosowaliśmy na zajęciach. Metody te wymagają dużo czasu i zaangażowania zarówno nauczyciela, jak i studentów. Zakres projektów i problemów były dostosowane do poziomu zaawansowania studentów, były obowiązkowe i sprawdzały wymagane wybrane efekty kształcenia. Zaczniemy od zadań problemowych stawianych studentom. Studenci otrzymali opis konkretnego problemu, zadania lub wyzwania, które musieli rozwiązać, stosując swoją wiedzę teoretyczną. My takie zadania problemowe stosowaliśmy na kierunkach Planowanie Przestrzenne i Architektura. Przygotowaliśmy zadania problemowe, które sprawdzały jeden z efektów uczenia się przypisanych przedmiotowi sprawiający studentom największe kłopoty. Było to geometryczne zastosowanie całki oznaczonej. Opisywaliśmy

problem np. w postaci kultowych bajek, podając niezbędne dane i informacje. Sformułowaliśmy pytania, które studenci powinni sobie zadać podczas analizy takiego problemu. Poniżej podajemy jeden z przykładów.

Shrek jest zielonym ogrem. Od Farquaada dostaje polecenie uwolnienia księżniczki Fiony z twierdzy bronionej przez Smoczycę. Fiona została zaklęta w dzieciństwo i co noc zamienia się w ogra. Czar może zwalczyć rycerz, który ją uwolni i poślubi. Tej misji podejmuje się Shrek z Osem. Fiona przebywa w komnacie najwyższej wieży zamku. Ostatecznie Shrek próbuje się dostać do komnaty przy pomocy liny mającej długość 20m. Czy wystarczy mu lina, jeśli lina zawieszona musi być wzdłuż krzywej $y = \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{2}\ln x$ i umocowana w punktach o początku $x=1$ i końcu $x=3e$? Kolejny problem dostania się do Fiony stanowi Smoczyca, która zjeje ogień. Smoczyca zawieszona jest na krzywej $y^2=9x$, obracającej się wokół osi ox dla $x \in [0,2]$. Podaj objętość zamku, która zostaje wypełniona przez ogień, gdy krzywa obraca się, a Smoczyca zawsze zjeje ogień do wnętrza obszaru powstającego przez obrót tej krzywej. Czy Shrek może natrafić na ten obszar?

Do analizy problemu podzieliiliśmy studentów na grupy maksymalnie trzyosobowe. Na rozwiązanie problemu studenci mieli 2 tygodnie. Z powodu dużej ilości materiału, a małej liczby godzin (tylko 30 w semestrze) nie było dyskusji, podczas której studenci prezentowaliby swoje rozwiązania. Zamiast tego studenci konsultowali się z nami podczas dyżurów. Nasza pomoc ograniczała się do zadawania pytań, które skłaniały studentów do krytycznej oceny swoich rozwiązań. Przy ocenie pracy studentów podczas rozwiązywania zadań zwracaliśmy uwagę, czy studenci poprawnie zinterpretowali i wybrali odpowiednią metodę rozwiązania i uzasadnili swoje wybory; czy obliczenia zostały wykonane poprawnie i bez błędów; czy studenci poprawnie zinterpretowali otrzymany wynik w kontekście zadanego problemu; czy studenci jasno i przejrzyście przedstawili swoje rozwiązanie, używając odpowiednich oznaczeń i wyjaśnień. Podsumowując: możemy stwierdzić, że metoda ta okazała się być skuteczna w osiągnięciu celu, jakim była weryfikacja efektu uczenia się. Wszyscy studenci otrzymali pozytywne oceny za efekt. Studenci mogli zastosować obliczanie całki oznaczonej w praktyce, rozwijali swoje umiejętności analityczne. Realistyczne problemy sprawiły, że nauka całki oznaczonej stała się ciekawsza, a pracując w zespole studenci uczyli się współpracować z innymi. Jednak nie wszyscy studenci nauczyli się całki oznaczonej, co pokazały wyniki kolokwium wykładowego.

Kolejną z metod problemowych stosowanych przez nas na zajęciach jest Projekt Based Learning (PBL) czyli nauka poprzez projekty (patrz [2, 3]). Metoda ta polega na tym, że studenci pracują nad rozwiązaniem realnego problemu lub stworzeniem konkretnego produktu. W przypadku matematyki, projekty mogą dotyczyć różnych dziedzin: od finansów po inżynierię. Ocena projektów jest bardziej złożona niż tradycyjnych testów. Metodę tę stosowaliśmy dla różnych przedmiotów i grup studentów. Zakresy projektów, jak wcześniej pisałyśmy były dostosowane do poziomu zaawansowania studentów i sprawdzały wymagane wybrane efekty kształcenia. Na kierunku Architektura i Planowanie Przestrzenne na Matematyce projekt dotyczył efektu sprawdzającego wiadomości z geometrii w R2 i R3. Studentów podzieliliśmy na grupy maksymalnie

trzyosobowe. Czas na oddanie projektów to dwa tygodnie od momentu ich przydzielenia.

Przykład

1. Nazwij i narysuj (np. w Geogebra) powierzchnię $4x^2+y^2+16z^2=16$. Podaj przykład zastosowania takiej powierzchni w architekturze.
2. Narysuj przekrój tej powierzchni płaszczyzną $y+4z+4=0$. Nazwij krzywą będącą tym przekrojem oraz w odpowiedniej płaszczyźnie wyznacz wszystkie wielkości poznane na wykładzie dla tej krzywej. Naszkicuj otrzymany przekrój (na powierzchni).

Projekt był zaliczony, jeśli studenci poprawnie rozwiązyli jeden z podpunktów. Poprawne rozwiązanie obu podpunktów było nagradzane oceną 4,5. Za estetykę wykonania, czyli rysunki w Geogebra i projekt oddany w formie wydruku podnosiłyśmy ocenę o pół stopnia. Wszyscy studenci otrzymali pozytywne oceny za ten efekt.

Kolejny projekt został zadany studentom na kierunkach Planowanie Przestrzenne i Inżynieria, dotyczył przedmiotu Arytmetyka Finansowa i również sprawdzał odpowiedni efekt uczenia się. Projekty w arytmetyce finansowej to doskonaliły sposób na połączenie teorii z praktyką, a także na rozwijanie umiejętności miękkich, niezbędnych w życiu zawodowym. Projekt był związany z symulacją rzeczywistych sytuacji finansowych - zagadnieniem, które może mieć w przyszłości dla nich praktyczne zastosowanie. Temat dotyczył wartości bieżącej netto NPV (Net Present Value), zaliczanej do grupy dyskontowych metod oceny przedsięwzięć inwestycyjnych. Projekt, adresowany do trzyosobowych grup, przewidywał zaproponowanie hipotetycznej inwestycji i jej oszacowanie przy użyciu NPV, IRR, RRSO. Studenci mogli parametry i stopy oprocentowania wybrać dowolnie, lecz realistycznie. Na wykonanie projektu przewidziano 2 tygodnie.

Na wyższą ocenę należało wprowadzić zmiany w zaproponowanym początkowo projekcie i przeanalizować ich wpływ na opłacalność inwestycji albo realizować inwestycję wykorzystując kredyt (przedstawić harmonogram spłaty kredytu). Tu również wszyscy studenci zaliczyli projekt.

Nasze projekty ewoluowały i każde następne doprecyzowywałyśmy. Ponieważ prowadzimy również zajęcia ze Statystyki, a ta oferuje mnóstwo możliwości do tworzenia interesujących i praktycznych projektów, więc i tu wdrożyliśmy PBL. Zaproponowaliśmy dwa obowiązkowe projekty oparte na danych własnych. Pierwszy dotyczył analizy opisowej zebranych danych: obliczenie średnich, odchyłeń standardowych, wizualizacja danych (wykresy, diagramy). Przykładowy projekt, adresowany do grup trzyosobowych, przewidywał realizację dowolnego badania statystycznego na próbie co najmniej 60 elementowej. Badaniu miały podlegać cechy mierzalne (np. można było zbadać długość czasu w miesiącach używania nowego samochodu przez klientów wybranego koncernu.) Należało zaprezentować dane w formie szeregu rozdzielczego i histogramu, na tej podstawie obliczyć (przy pomocy Excela) wartość średnią, wariancję oraz odchylenie standardowe, zinterpretować wyniki i napisać odpowiedzi. Na realizację projektu studenci mieli dwa tygodnie.

Drugi projekt dotyczył testu niezależności chi-kwadrat. Test ten jest narzędziem statystycznym, które pozwala badać, czy istnieje związek między dwiema zmiennymi kategorialnymi. Idealnie nadaje się do projektów, które wymagają analizy danych jakościowych. Poniżej podajemy

opis tego projektu, który również został umieszczony dla studentów na WIKAMP.

Projekt 2: Należy dobrać się w grupy maksymalnie trzyosobowe. Przeprowadzić dowolne badanie statystyczne na próbie co najmniej 200 elementowej. Badaniu mają podlegać dwie cechy niemierzalne (jakościowe). Korzystając z dostarczonych danych, testem niezależności χ^2 sprawdzić na poziomie istotności $\alpha=0,01$, czy dwie badane cechy są niezależne:

1. Uporządkować i pogrupować dane w postaci tablicy niezależności. Tablica kontyngencji ma mieć wymiar co najmniej 2×2 .
2. Postawić odpowiednią hipotezę H_0 .
3. Skonstruować statystykę χ^2 i obliczyć jej wartość empiryczną. Na etapie wyliczania wartości statystyki χ^2 , w celu zachowania przejrzystości zapisu, utworzyć tabelę z poszczególnymi składnikami tej statystyki.
4. Wyznaczyć obszar krytyczny prawostronny.
5. Zinterpretować wyniki i napisać odpowiedź. Przeprowadzić analizę przy zmianie poziomu istotności np. na $\alpha=0,05$. Niezbędnych obliczeń należy dokonać za pomocą arkusza kalkulacyjnego MS Excel.

Na realizację projektu studenci również mieli dwa tygodnie.

Wszyscy studenci zaliczyli projekty. Warto tu dodać, że wiele projektów było bardzo ciekawych, a niektóre nawet zabawne.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Prowadzenie zajęć wybranymi aktywnymi metodami problemowymi przyniosło wiele korzyści. Wszyscy studenci zaliczyli projekty (a więc po dwa zadania z 10 potrzebnych do zaliczenia ćwiczeń (realizujących efekty uczenia się)).

Studenci trenowali samodzielne myślenie i kreatywność. Potrafili umiejętnie pracować w zespole. Studenci dotrzymali terminów i rozwijali umiejętności z innych dziedzin np. Excela, Geogebra.

Stosując wymienione metody nauczania zaobserwowaliśmy, że część studentów z biernych słuchaczy stała się aktywnymi uczestnikami, którzy zarówno zdobywają wiedzę, jak i ją tworzą. Różnorodne formy zajęć, takie jak praca w grupach, projekty, quizy, prace domowe, testy, zapobiegły nudzie, utrzymywały uwagę studentów oraz sprawiały, że studenci nie bali się zadawać pytań. Przy robieniu projektów studenci tworzyli ankiety, korzystali z literatury, baz danych, a także z Internetu. Wymieniali się poglądami z innymi studentami, co pozwalało na lepsze zrozumienie omawianych zagadnień.

Koncepcja studenta jako osoby aktywnie poszukującej wiedzy, a nie jedynie odbiorcy gotowych informacji, zyskuje coraz większą popularność w środowisku akademickim. To właśnie studenci uczący się, czyli tacy, którzy podejmują inicjatywę, zadają pytania, szukają dodatkowych źródeł informacji i angażują się w proces zdobywania wiedzy, mają wiele istotnych przewag nad tymi, którzy przyjmują rolę biernych odbiorców.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Politechnika Łódzka, Co to jest ECIU?, <https://www.eciu.p.lodz.pl/pl/eciu-i-pl/co-jest-eciu>, data dostępu 14.09.2024.
2. Dirak A.: Problem Based Learning, <https://www.cel.agh.edu.pl/problem-based-learning/>, 2021.
3. Łobacz K., Matuska E.: Project-Based Learning in Entrepreneurship Education: a Case Study-Based Analysis of Challenges and Benefits. *Przedsiębiorczość - Edukacja*, 16 (2), 86–98 (2020), <https://doi.org/10.24917/20833296.162.7>

A STUDENT BEING TAUGHT OR STUDENT LEARNING?

In this article, we present our experiences with the application of selected modern teaching methods to activate students in Mathematics, Statistics, and Financial Arithmetic courses. We describe in more detail the problem-based Case Teaching and Project Based Learning (PBL) methods and also the interactive Blended Learning. We describe whether, through these methods, students achieve the relevant learning outcomes and thus master the curriculum content prescribed for the course. We write about the advantages for students of using the various new methods and how they change the student from a being taught to a being a learner.

Keywords: students activation, Problem Based Learning, Blended Learning, quizzes.

DYNAMICZNE MAPY KONCEPCJI JAKO STRATEGIA NAUCZANIA NA KIERUNKACH TECHNICZNYCH

Aleksandra ARKIT

Instytut Matematyki, Uniwersytet Zielonogórski
e-mail: a.arkit@im.uz.zgora.pl

Streszczenie: Treści matematyczne mają charakter hierarchiczny, zatem nauczanie matematyki musi odbywać się w sposób liniowy. Konsekwentne konstruowanie wiedzy matematycznej sprzyja jej zrozumieniu i ułatwia jej wykorzystanie w praktycznych sytuacjach. Efektywność nauczania zostanie osiągnięta, gdy wiedza ta zostanie przez studentów uporządkowana i podsumowana w odpowiedni sposób, w oparciu o istniejące zależności. Jest to umiejętność wymagająca od nich wysokiego poziomu myślenia krytycznego i osobistego zaangażowania, a która jest rzadko rozwijana na wcześniejszych etapach kształcenia. Artykuł zawiera propozycję wsparcia studentów w tym zakresie poprzez tworzenie symultanicznie do wykładu z matematyki map koncepcji będących swoistą wizualizacją struktury wiedzy przedstawionej w ramach zajęć.

Słowa kluczowe: mapa koncepcji, dydaktyka matematyki akademickiej, efektywność nauczania.

1. WSTĘP

Mimo ciągłych dyskusji o edukacji i wszechobecnej świadomości konieczności wprowadzania nowych rozwiązań w celu dostosowania procesów kształcenia do wyzwań i realiów XXI w., zmiany w systemie są powolne. Wynika to z hierarchicznej struktury szkolnictwa powstałej na potrzeby XIX w. Powszechnie oczekuje się, że wytyczne do zmian przyjdą odgórnie i rozwiążą narastające problemy związane z dynamicznie zmieniającą się rzeczywistością, obecnością zaawansowanej technologii i potrzebami pokoleń iGen. Niestety nie jest to możliwe. Atutami gwarantującymi rozwój w XXI w. jest autonomia i innowacyjność, co oznacza, że zadaniem szeroko pojętego 'nadzoru' jest koordynowanie funkcjonowania całego systemu i dbanie o optymalizację osiągnięć, w wyniku których uruchomiony zostanie potencjał wszystkich pracowników [8]. To na wykładowcy spoczywa obowiązek poszukiwania i wprowadzania rozwiązań, które przyczynią się do poprawy efektywności nauczania. Wymaga to od niego przemyślanej i konsekwentnej organizacji procesu dydaktycznego, która będzie kwintesencją jego wieloletniej praktyki, refleksji, autonomii, kreatywności i innowacyjności. Ze względu na różnorodność i złożoność szeroko pojętej przestrzeni dydaktycznej, na którą składają się: potencjał i możliwości studentów, przygotowanie merytoryczne i kompetencyjne wykładowcy, warunki środowiskowe i aktualne rozwiązania systemowe, trzeba poszukiwać i być wyczulonym na potrzeby studentów, eksperymentować i poddawać własne działania ciągłej ewaluacji. Jest to nierozłącznie związane z ustawicznym rozwojem własnym

dydaktyka akademickiego. W tym kontekście znaczenia nabiera dzielenie się sprawdzonymi praktykami.

2. MOTYWACJA

W treściach kształcenia matematycznego na różnych kierunkach ekonomiczno-społecznych powtarzają się te same zagadnienia: algebra macierzy, układy równań i nierówności liniowych w ujęciu macierzowym, rachunek różniczkowy i całkowy funkcji jednej zmiennej, funkcje wielu zmiennych, równania różnicowe i różniczkowe. Jest to niezbędny zestaw narzędzi matematycznych stosowanych w analizie statycznej, statykach porównawczej, dynamicznej czy szeroko pojętej optymalizacji, służących rozwiązywaniu problemów praktycznych specyficznych dla danego kierunku studiów. Na kierunkach studiów stricte technicznych ten zakres jest dużo obszerniejszy. Żadne z tych zagadnień nie pojawia się w podstawie programowej kształcenia ogólnego dla szkół średnich na poziomie podstawowym. Warunki rekrutacyjne przyjęte na wyższe uczelnie nie wymagają matematycznego przygotowania kandydatów na poziomie rozszerzonym. Kandydat ma prawo sądzić, że spełniając wymagania rekrutacyjne otrzymuje uczciwe szanse na rozwój. Jest to złudne, gdyż nauczanie matematyki na poziomie akademickim jest uwarunkowane przygotowaniem kandydatów do kształcenia studiów, ich motywacją, a także możliwościami organizacyjno-dydaktycznymi [1]. Powszechną bolączką systemu jest ograniczanie liczby godzin matematyki bazując na przekonaniu, że można jej się nauczyć niejako przy okazji, rozwiązując realne problemy. Rozumienie niuansów języka matematycznego, jego wpływu na myślenie i postrzeganie świata jest bardzo ważne, gdy interesuje nas kontekst praktyczny. Istotą i siłą matematyki jest nie tylko wykonywanie obliczeń, ale również formułowanie problemów poprzez rozpoznawanie i umiejętny opis otaczającej nas rzeczywistości (matematyzacja), zbieranie i porządkowanie informacji na temat badanego zjawiska (danetyzacja), wyjaśnienie zachodzących w nim procesów (myślenie krytyczne), rozwiązywanie związanych z nim problemów (obliczenia) oraz zrozumienie otaczającego świata (ewaluacja: wykorzystanie rozwiązania, podejmowanie decyzji, stawianie dodatkowych pytań, weryfikacja innych możliwości zastosowań metody otrzymanego rozwiązania). Nieumiejętne stosowanie narzędzi matematycznych może przynieść więcej szkód niż korzyści, ponieważ uzyskane w ten sposób rezultaty mogą prowadzić do niewłaściwych wniosków i sugerować podejmowanie błędnych decyzji. W tym świetle uczenie się

matematyki jest sztuką, której nie można sprowadzać do obliczeń, bezkrytycznie wykorzystując dostępne oprogramowania. Takie podejście niestety wymaga czasu, którego notorycznie brakuje. Trudno też ignorować różnice w przygotowaniu kandydatów na studia. Wszelkie decyzje związane z organizacją procesu dydaktycznego muszą brać pod uwagę potrzeby studentów, uwarunkowania czasowe oraz możliwości osiągania efektów kształcenia. Pomocne może być funkcjonalne podejście do planowania zajęć poprzez wykorzystanie różnych strategii prowadzących do realizacji założonych celów.

3. PROPOZYCJA STRATEGII NAUCZANIA

Zgodnie z zasadą systematyczności kształcenia [3] przedstawianie zagadnień na matematyce musi odbywać się w sposób liniowy, w ściśle logicznym porządku. Znaczący i szybki przyrost wiedzy powiązany z wielością założeń, warunków, argumentacji, wzorów, stanowi utrudnienie w uczeniu się tego przedmiotu. Problemem może być również konieczność wykorzystywania w sytuacjach praktycznych wielu różnych gałęzi matematyki, silnie i ściśle powiązanych ze sobą, wymagających zintegrowania wiedzy w spójny układ stanowiący logiczną całość. Skupianie się na technikach obliczeniowych sprawia, że często umyka z pola widzenia to, co jest celem podejmowanych działań: możliwość zastosowania wiedzy w działalności zawodowej. Jeżeli nauka przedmiotu ma przygotowywać do funkcjonowania w społeczeństwie, to studenci nie mogą bezzmyślnie uczyć się na pamięć definicji i wzorów, ale operując faktami, samodzielnie muszą odkrywać reguły i zasady. Przemawiają za tym dwa poważne argumenty: po pierwsze, właśnie taka umiejętność przydaje się w życiu, po drugie, w umiejętności abstrahowania ogólnych zasad tkwi siła ludzkiego mózgu [8].

Będąc świadomymi najnowszych osiągnięć z neurodydaktyki, w świetle przyjętych celów kształcenia i założonych efektów uczenia się, wykładowcy powinni stworzyć takie warunki na zajęciach, aby studenci byli zobligowani do głębokiego przetwarzania dokładnie tych informacji, które mają być zapamiętane. Pożądane jest również zręczne podsumowanie poszczególnych etapów procesu dydaktycznego, które umożliwi nieliniowe, zindywidualizowane z perspektywy studenta, jego zainteresowań czy też uwarunkowań rozwiązywanego problemu, wykorzystanie wiedzy i umiejętności. Samodzielna realizacja tych zadań przez młodych ludzi wymaga od nich określonej dojrzałości intelektualnej, determinacji i gotowości do wygospodarowania na to czasu. Dlatego każde wsparcie ze strony wykładowców może znacząco przyczynić się do ich rozwoju.

3.1. Mapy koncepcji

Większość strategii nauczania odwołuje się do lewej półkuli mózgowej, która pracuje sekwencyjnie, logicznie, w oparciu o język. Można również korzystać ze strategii holistycznych, niewerbalnych uruchamiających działanie prawej półkuli mózgu, poprzez tworzenie reprezentacji wizualnych przeglądów, podsumowań z uwzględnieniem podobieństw, różnic, analogii. Czynność ta przyczynia się do zrozumienia przedmiotu uczenia się, jak również do jego zapamiętania. Wśród zalet pomocy wizualnych wskazuje się: skupianie uwagi, wzbudzanie zainteresowania, sprzyjanie konceptualizacji, wspieranie pamięci, a nawet wzmacnianie przekazu bazującego na zaangażowaniu wykładowcy [7].

Ciągle niewiele wiadomo na temat sposobu w jaki ludzki mózg przechowuje i aktualizuje informacje i wiedzę, ale różne dowody sugerują, że strukturyzuje on informacje w hierarchie i sieci podobne do mapy koncepcji [4].

Mapy koncepcji są narzędziami graficznymi do konsolidowania, porządkowania i reprezentowania wiedzy lub pomysłów. Zazwyczaj przedstawiają one pojęcia lub idee w postaci węzłów i porządkują je hierarchicznie za pomocą linii lub strzałek (z odpowiednimi adnotacjami) odnoszących się do relacji między węzłami [5]. Wynotowanie kluczowych faktów ułatwia przypominanie sobie mniej istotnych informacji, a widoczne powiązania ukierunkowują na głębsze zrozumienie rozważanych kwestii. Ponieważ konstruowanie map koncepcji opiera się na zrozumieniu, a nie na wiedzy wyuczonej na pamięć, czynność ta jest często kłopotliwa dla wielu studentów. Aktywne uczestnictwo w procesie mapowania pod kierunkiem eksperta może zachęcić studentów do głębokiego uczenia się i samodzielnego konstruowania znaczeń.

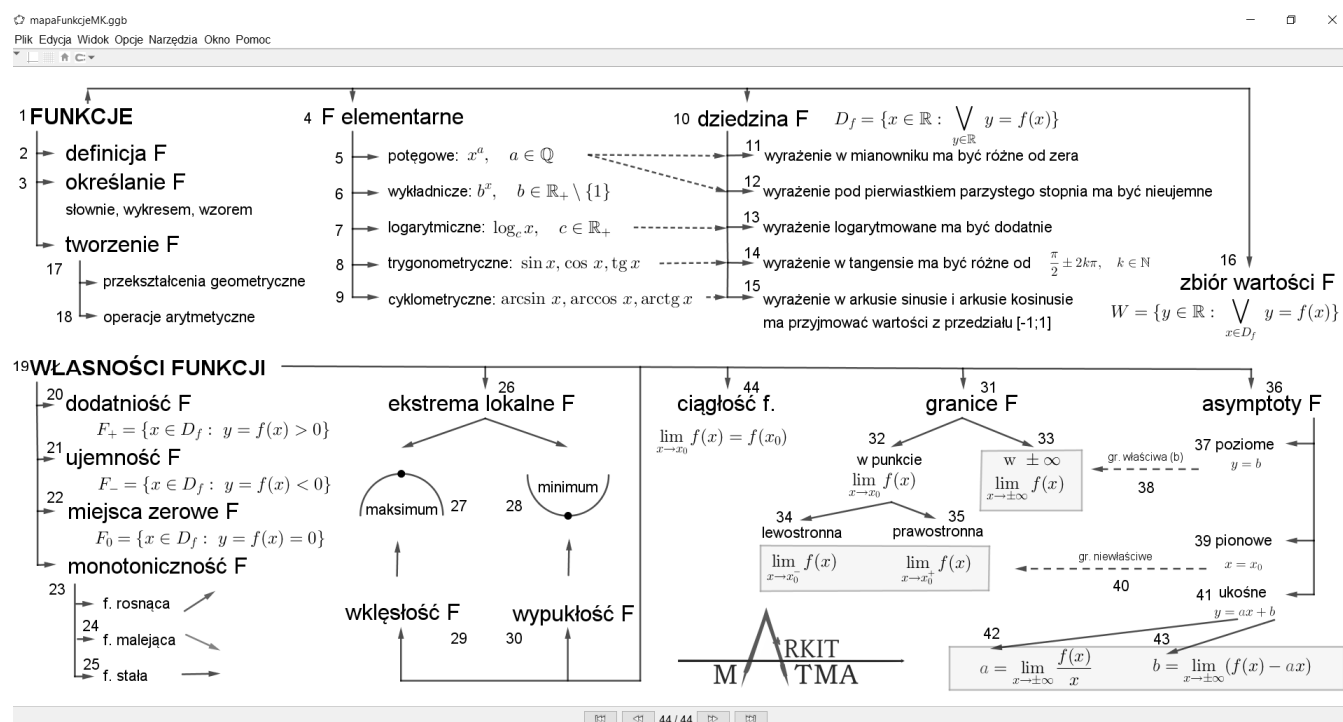
3.2. Dynamiczna mapa koncepcji

Do realizacji celu ukształtowania zaangażowanej postawy studentów ukierunkowanej na aktywne systematyzowanie i przyswajanie wiedzy mogą być pomocne dynamiczne mapy koncepcji związane bezpośrednio z tematem prowadzonych zajęć. Ich dynamizm polega na tym, że mapa jest tworzona bezpośrednio w trakcie omawianych zagadnień, poprzez dopisywanie najważniejszych, kolejnych elementów wykładu z uwzględnieniem ich struktury i wzajemnych powiązań. W ten sposób studenci mogą obserwować proces konstruowania wiedzy przedstawianej na zajęciach. W każdym momencie odwoływania się do mapy koncepcji, zarówno wykładowca jak i słuchacze mogą odnieść się do tego, co zostało omówione wcześniej, tworząc sieć zauważonych, istniejących zależności. Wszelkie wątpliwości mogą być wyjaśniane na bieżąco, doraźnie, w razie potrzeby. Uzyskujemy w ten sposób pewien naturalny podział spotkania na etapy, w których możemy kontrolować czy tempo zajęć jest adekwatne do możliwości percepcyjnych studentów. Tworzona mapa jest wyświetlana wielokrotnie w czasie zajęć, sukcesywnie uzupełniana i może być wzorcem czy inspiracją dla studentów do prowadzenia własnych notatek, z możliwością dopisywania indywidualnych spostrzeżeń i obserwacji według uznania. Zaletą podjętych działań jest finalny efekt w postaci kompletnej, wizualnej notatki zawierającej kompendium wiedzy będącej podstawą do dalszej pracy własnej studenta. Efektywność takiej mapy wynika również z tego, że została ona przez wykładowcę gruntownie przemyślana i skorelowana z tokiem zaplanowanych zajęć oraz z faktu, że student mógł śledzić proces powstawania mapy. Ważne jest, aby nie była ona dla niego abstrakcyjnym tworem, tylko rzeczywistym odzwierciedleniem toku myślowego niezbędnego do przyswojenia wiedzy.

Dynamiczna mapa koncepcji powinna zostać przygotowana w postaci elektronicznej, aby odciążyć uwagę wykładowcy od czynności jej tworzenia w trakcie wykładu. Ręczne tworzenie mapy na zajęciach może powodować nieumiejętne gospodarowanie dostępną przestrzenią do notacji lub przeoczenie istotnych kwestii. Oczywiście nie do przecenienia jest możliwość jej wielokrotnego wykorzystania na różnych zajęciach oraz udostępniania jej studentom. Należy zadbać o jej jakość nie tylko merytoryczną, ale i graficzną. Dużą rolę odgrywa jej czytelność, przejrzysta

struktura i precyzyjny sposób odniesień w postaci koniecznych strzałek i niezbędnych symboli. Inaczej niż przy tworzeniu map myśli, należy zadbać o strategiczne wykorzystanie atrybutów przetwarzania mimowolnego tj. kolorów, rozmiarów, obramowań, kursywy, wyodrębnienia przestrzennego czy podkreśleń. Pomocne mogą być również zasady gestu dotyczące percepcji wizualnej tj. bliskości, podobieństwa, zamknięcia przestrzeni, domknięcia, ciągłości czy połączeń [6]. Warto unikać wszelkich elementów wizualnych, które mogą stanowić obciążenie poznawcze, a nie będą przyczyniać się do zwiększenia wartości informacyjnej projektu.

Na rysunku 1 przedstawiono przykład wybranej mapy koncepcji pt. „Własności funkcji jednej zmiennej” [2]



Rys. 1. Mapa koncepcji pt. „Własności funkcji jednej zmiennej”

3.3. Informacja zwrotna od studentów

Zaprezentowaną strategię nauczania zastosowano na zajęciach z matematyki na dwóch różnych kierunkach ekonomiczno-społecznych (ekonomia, zarządzanie). W ramach ewaluacji zajęć studenci zostali zapytani o przydatność wykorzystanych na zajęciach map koncepcji. Praktycznie 97% z 30 ankietowanych oceniło je bardzo wysoko. W uwagach studenci wymienili następujące korzyści:

- pomoc w skoncentrowaniu się na temacie zajęć, a nie na sposobie i procesie sporządzania notatek,
- czytelna informacja na co należy zwrócić uwagę, by móc zrozumieć dane zagadnienie,
- spójne uporządkowanie tematu zajęć wraz z wzajemnymi zależnościami, powiązaniem pomiędzy poszczególnymi elementami, umożliwiające ich wykorzystanie,
- szybki dostęp do najważniejszych kwestii w wizualnej postaci,
- ułatwienie w nauce, pomoc w powtórkach przed zajęciami, zaliczeniami i egzaminami,
- inspiracja do indywidualnego porządkowania wiedzy.

Pozytywne i dojrzałe przyjęcie tych materiałów przez studentów świadczy o wpisaniu się idealnie w ich aktualne

z autorskiego zestawu dziewięciu dynamicznych map koncepcji stworzonego do prowadzonych zajęć z matematyki na kierunkach ekonomiczno-społecznych. Na potrzeby artykułu na rysunku 1 dodano numerację, która wskazuje kolejność, w jakiej pojawiają się poszczególne pojęcia. Na początku zajęć widoczny jest tylko napis ‘FUNKCJE’ i logotyp autorki. Wszystkie mapy zostały wykonane w oprogramowaniu GeoGebra, które posiada funkcjonalność umożliwiającą sukcesywne prezentowanie kolejnych elementów stworzonego apletu (widoczną u dołu ilustracji). Możliwości graficzne GeoGebry pozwalają na autorską kompozycję układu treści i użycie edytora matematycznego tekstu LaTeX.

potrzeby edukacyjne. Jest to dodatkowa motywacja do stosowania tej strategii. Pojedyncze osoby wskazały w ankiecie potrzebę dopracowania oraz udostępnienia map w jednym miejscu. Sugestie te zostały od razu wzięte pod uwagę. Materiały te zostały włączone do zasobów uczelnianej platformy blended-learningowej wspierającej prowadzenie zajęć oraz zostały poddane modyfikacji formy wizualnej zgodnie ze wskazówkami przytoczonymi w podrozdziale 3.2. Z punktu widzenia prowadzącego zajęcia mapy koncepcji spełniły swoją rolę w odniesieniu do merytorycznych treści kształcenia, aczkolwiek w przyszłości brana jest pod uwagę możliwość twórczego ingerowania przez studentów w ich zawartość.

4. PODSUMOWANIE

Planowanie zajęć dla studentów, w świecie podlegającym ustawicznej transformacji wynikającej z upowszechnienia się dostępu do wiedzy poprzez nowoczesne technologie teleinformatyczne, jest wyzwaniem wymagającym od prowadzącego dobrego przygotowania merytorycznego, kreatywności, innowacyjności oraz gotowości do własnego rozwoju.

Odkrywane przez neuronaukowców zasady rządzące procesem uczenia się stawiają metody dydaktyki transmisyjnej w niekorzystnym świetle. Konieczność traktowania procesu uczenia się jako indywidualnego, aktywnego i świadomego konstruowania struktury wiedzy wymusza poszukiwanie nowych, adekwatnych do potrzeb współczesnych studentów, strategii nauczania. Funkcjonalne podejście do ewolucyjnej zmiany własnego warsztatu dydaktycznego opiera się na starannym, celowym doborze metod, środków i form pracy oraz ustawicznej praktyce powiązanej z ewaluacją. Z pomocą mogą przyjść znane rozwiązania metodyczne, które w nowej adaptacji, z użyciem cyfrowych technologii, mogą istotnie wpłynąć na efektywność zajęć. Taką możliwość daje wykorzystanie dynamicznych map koncepcji stworzonych w pełnej korelacji ich treści z zakresem materiału realizowanym na zajęciach. Ich umiejętne stosowanie służy tworzeniu partnerskiej relacji pomiędzy wykładowcą a studentami, której efektem jest wizualna reprezentacja wiedzy stworzona w warunkach stymulujących ich wewnętrzną rozwój.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Arkit A.: Realia i efektywność nauczania matematyki na kierunkach ekonomicznych, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, Nr 72, Gdańsk 2021, s. 11-14.
2. Arkit A.: Własności funkcji jednej zmiennej, Aplet GeoGebra, <https://www.geogebra.org/m/thy79zzz>, data dostępu: 15.04.2024.
3. Bereźnicki F.: Zarys dydaktyki szkolnej, Wydawnictwo OR TWP w Szczecinie Pedagogium, Szczecin 2011.
4. Bransford, J., Brown, A., Cocking, R. (wyd.): How people learn: Brain, mind, experience, and school, National Academy Press, Washington D.C 1999.
5. Novak, J. D., Cañas A.J.: The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Institute for Human and Machine Cognition 2008, <http://cmap.ihmc.us/docs/pdf/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>, data dostępu: 12.01.2024.
6. Nussbaumer Knaflitz C.: Storytelling danych. Poradnik wizualizacji danych dla profesjonalistów, Helion SA, Gliwice 2019.
7. Petty G.: Nowoczesne nauczanie. Praktyczne wskazówki dla nauczycieli, wykładowców i szkoleniowców, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2005.
8. Żylińska M.: Neurodydaktyka. Nauczanie i uczenie się przyjazne mózgowi, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2013.

DYNAMIC CONCEPT MAPS AS A TEACHING STRATEGY IN TECHNICAL STUDIES

Mathematical content is hierarchical in nature therefore mathematics must be taught in a linear manner. The consistent construction of mathematical knowledge promotes its understanding and facilitates its use in practical situations. Effective teaching will be achieved when this knowledge is structured and summarised by students in an appropriate way based on existing relationships. This is a skill that requires a high level of critical thinking and personal commitment from them, and which is rarely developed at earlier stages of education. The article proposes to support students in this respect by creating concept maps simultaneous to the mathematics lecture, which are a kind of visualisation of the knowledge structure presented in the course. They are dynamic, as the map is created on the fly, by adding the next most important elements of the lecture, taking into account their structure and interconnections. In this way, students can observe the process of constructing the knowledge presented in class. Whenever a concept map is used, both lecturer and students can refer back to what has been discussed previously, creating a web of perceived, existing relationships. If necessary, any doubts can be clarified immediately. In this way, we get, as it were, a natural division of the meeting into stages, in which we can control whether the pace of the class is adequate to the perceptive capacity of the audience. The concept map can serve as a template or inspiration for the listeners to keep their own notes, with the possibility of adding individual observations and insights. In the end, a complete, visual note is created containing a compendium of knowledge, providing a basis for further work by the listeners. The effectiveness of such a map is also due to the fact that it has been carefully thought out by the lecturer.

Keywords: concept map, didactics of academic mathematics, teaching effectiveness.

OCENIANIE KSZTAŁTUJĄCE W KURSACH MATEMATYCZNYCH – WYKORZYSTANIE WYBRANYCH NARZĘDZI I STRATEGII

Elżbieta KOTLICKA-DWURZNIK¹, Joanna RZEPECKA-GAWRYSIAK²

1. Politechnika Łódzka, Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki
tel.: 42 631 3612, e-mail: elzbieta.kotlicka@p.lodz.pl
2. Politechnika Łódzka, Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki
tel.: 42 631 3625, e-mail: joanna.rzepecka@p.lodz.pl

Streszczenie: W artykule poruszona została tematyka wprowadzania oceniania kształtującego w nauczaniu matematyki na uczelni technicznej. Autorki dzielą się swoimi doświadczeniami ze stosowania elementów oceniania kształtującego podczas pracy ze studentami oraz omawiają zalety wybranych narzędzi do realizacji poszczególnych strategii. Przedstawione zostaną również wnioski dotyczące stosowania tych narzędzi i metod.

Słowa kluczowe: ocenianie kształtujące, informacja zwrotna, platformy edukacyjne, aplikacje matematyczne.

1. WPROWADZENIE

Szybki rozwój technologii wymaga ciągłego dostosowywania nie tylko programów, metod i technik nauczania, ale również sposobów oceniania pracy uczniów bądź studentów.

Ocenianie jest jedną z kluczowych kwestii w przebiegu procesów nauczania oraz uczenia się. W praktyce szkolnej standardowo stosowane jest ocenianie sumatywne, które podsumowuje osiągnięcia ucznia w ustalonym okresie i jest wyrażane w formie ocen lub punktów. Jest ono również oceną skuteczności programu edukacyjnego. Stąd nazywane jest czasem ocenianiem podsumowującym lub ocenianiem uczenia się.

Alternatywą bądź uzupełnieniem dla oceniania sumatywnego może być ocenianie kształtujące (OK), które cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród nauczycieli szkół podstawowych i ponadpodstawowych. Można znaleźć liczne artykuły, blogi i strony dotyczące tej tematyki m.in. [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Również dydaktycy akademicy sięgają po temat doskonalenia sposobów oceniania z pomocą OK [7].

Terminy ocenianie kształtujące (ang. formative assessment) i ocenianie podsumowujące (ang. sumative assessment) pochodzą od Michaela Scrivena (1967). Jednak to Benjamin Bloom w 1968 roku w książce *Learning for Mastery* oraz *Handbook of Formative and Summative Evaluation* z 1971 roku (razem z Thomasem Hastingsiem i George'em Madausem) podał znaczenie tych terminów jakie przyjmuje się współcześnie [8, 9]. Do Polski ocenianie kształtujące dotarło ponad 20 lat temu i jest ono promowane przez Centrum Edukacji Obywatelskiej między innymi w programie Szkoła Ucząca Się.

1.1. Czym jest ocenianie kształtujące?

Ocenianie kształtujące to dynamiczny proces, który angażuje zarówno nauczycieli, jak i studentów w ciągłą wymianę informacji. Dzięki temu nauczyciel, lepiej rozumiejąc potrzeby studentów, może stosować efektywniejsze metody nauczania, zaś studenci otrzymywać na bieżąco informację zwrotną dotyczącą poczynionych postępów w nauce. Jest to proces, w którym rolą wykładowcy jest organizowanie „środowiska” uczenia się oraz mobilizowanie studentów do pracy i samokształcenia.

1.2. Strategie oceniania kształtującego

Ocenianie kształtujące, aby było skuteczne, wiąże się z określonymi strategiami, metodami i działaniami:

1. *Dokładne określenie i wyjaśnienie studentom celów uczenia się oraz kryteriów sukcesu.* Ważne jest, by studenci i nauczyciel tak samo widzieli cel uczenia się. Kryteria można ustalić wspólnie ze studentami.
2. *Zbieranie formatywnej informacji zwrotnej.* Nauczyciel prowadzi dialog ze studentami, by mieć wiedzę na temat stopnia zrozumienia omawianych przez niego zagadnień, by dostosowywać tempo pracy do możliwości studentów oraz dobierać odpowiednie metody. Istotne jest też budowanie dobrych relacji w grupie.
3. *Udzielanie informacji zwrotnej studentom.* Informacja ta może przyjmować formę ustną lub pisemną. Powinna składać się z czterech elementów: wyszczególnienia i docenienia dobrych elementów pracy studenta, odnotowania tego, co wymaga poprawy, udzielenia wskazówek w jaki sposób poprawić pracę oraz w jakim kierunku student powinien pracować dalej.
4. *Zadawanie pytań kluczowych.* Są to pytania angażujące, zachęcające do poszukiwania odpowiedzi, ukazujące studentom szerszy kontekst rozważanego zagadnienia, pobudzające zainteresowanie daną tematyką.
5. *Zadawanie pytań pobudzających myślenie.* Pytania takie zachęcają do refleksji, analizowania i krytycznego myślenia. Dobrze sprawdzają się tu pytania otwarte, które wymagają bardziej szczegółowych odpowiedzi.
6. *Praca w grupach, uczenie się we współpracy.*
7. *Ocena koleżeńska (peer assessment).* Studenci sprawdzają i oceniają prace kolegów według wcześniej ustalonych kryteriów i sposobów udzielania informacji zwrotnej. Przy okazji strategii 6 i 7 studenci trenują umiejętności miękkie takie jak: komunikacja i kooperacja.
8. *Samooocena (self-assessment).*

9. Wspieranie studentów, by stali się autorami swojego procesu uczenia się. Branie odpowiedzialności za własne postępy w nauce wymaga od studenta między innymi umiejętności dokonywania samooceny. Student będzie potrzebował tej umiejętności przez całe swoje życie.

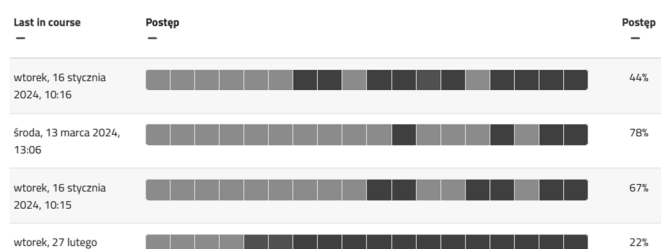
2. NARZĘDZIA

W tej części artykułu przedstawimy wybrane narzędzia, które pozwalają nam dostosowywać proces nauczania do potrzeb studentów oraz zgodnie ze strategiami oceniania kształtującego angażować ich w aktywne uczenie się. Istotne będą dla nas narzędzia do obustronnej wymiany informacji oraz monitorowania postępów studentów w czasie rzeczywistym, by na bieżąco dostosowywać tempo nauczania i skupiać się na obszarach wymagających więcej uwagi. Zaproponujemy również ogólnodostępne zasoby, które mogą być źródłem wsparcia dla studenta w jego procesie uczenia się i samorozwoju.

2.1. Moodle

W kursach prowadzonych przez autorki rolę platformy wspomagającej nauczanie pełni uczelniana platforma moodle. Stanowi ona podstawowe miejsce zamieszczania informacji dla studentów, takich jak karta przedmiotu, szczegółowe kryteria zaliczenia przedmiotu, arkusze zadań, przykładowe sprawdziany, zestawy zadań egzaminacyjnych, notatki z zajęć i inne materiały dydaktyczne.

Platforma moodle posiada wiele funkcjonalności, które ułatwiają zorganizowanie i monitorowanie pracy studentów. Pogrupowane tematycznie aktywności są udostępniane studentom w określonych przedziałach czasowych, by zmobilizować ich do systematycznej pracy. Platforma pozwala na udzielanie automatycznej lub indywidualnej informacji zwrotnej w podsumowaniu testu, w komentarzach do pytań lub zadań oraz w dzienniku ocen. Dostępne są również narzędzia do ankietyzowania, generowania statystyk i raportów, śledzenia aktywności studenta poprzez pasek postępu (rys. 1).



Rys. 1. Paski postępu dla czterech studentów – każda komórka paska odpowiada jednej aktywności na platformie

Ciekawym zasobem zintegrowanym z platformą moodle jest h5p. Pozwala on tworzyć interaktywne materiały (m.in. krzyżówki, prezentacje, książki, filmy z pytaniami sprawdzającymi). Tego typu aktywności są często bardziej angażujące i atrakcyjne dla studentów dzięki swojej szacie graficznej i niestandardowej formie informacji zwrotnej.

Udostępnianie przez nas dodatkowe materiały mają jedynie wspierać studenta w jego procesie uczenia się, a jego osiągnięcia w tym zakresie brane są pod uwagę tylko przy ocenie aktywności.

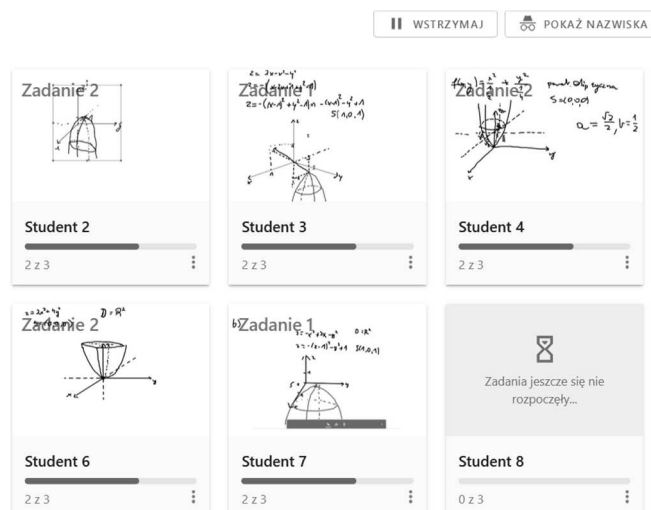
2.2. Mentimeter

Mentimeter oferuje różnorodne formy zbierania oraz prezentacji głosów i opinii studentów. Wśród nich można wyróżnić tworzenie chmury wyrazowej, suwaki ze skalami, pytania otwarte, wybór obrazka, rankingi, Q&A. Odpowiedzi są anonimowe lub widoczne dla wszystkich, mogą być zaprezentowane uczestnikom bądź zachowane do wiadomości nauczyciela. Wersja darmowa jest w zupełności wystarczająca, by wykładowca, nie tracąc zbyt dużo czasu, mógł przy jej pomocy budować w grupie atmosferę zaufania i otwartości w wyrażaniu myśli oraz zachęcać do zadawania pytań. Podczas zajęć stosujemy różnego typu „icebreakery” na przykład: pytania o zainteresowania lub skojarzenia słowne. Jest to szczególnie ważne, gdy studenci dopiero poznają swoich kolegów i uczelnię. Nauczyciel, zadając krótkie pytania podczas wykładu, może też na bieżąco sprawdzić jaki jest stopień zrozumienia omawianych zagadnień.

Mentimeter to narzędzie intuicyjne w obsłudze, stale rozwijane i obecnie wydaje się najbardziej popularne, choć nie brak innych podobnych, na przykład: Kahoot, Vevox, Quizizz, AhaSlides. Uważamy, że najlepiej wybrać jedną aplikację tego typu, by nie tracić czasu na wyjaśnianie, w jaki sposób będziemy z niej korzystać.

2.3. GeoGebra

Środowisko GeoGebra to, oprócz zestawu kalkulatorów GeoGebra Calculator Suite (Wykresy, Grafika3D, Geometria, CAS, Prawdopodobieństwo), również wirtualna platforma GeoGebra Classroom. Platforma ta umożliwia generowanie, na podstawie wcześniej przygotowanych aktywności [10], zasobów typu lekcja. Studenci rozwiązują udostępnione w ten sposób zadania w domu lub na zajęciach. Nauczyciel, przedstawiając rozwiązania wybranych zadań (rys. 2), może na bieżąco udzielać grupowej informacji zwrotnej lub przeprowadzić dyskusję dotyczącą poprawności i jednoznaczności uzyskanych wyników. Podczas wykładów z dużymi grupami można w ten sposób szybko zobaczyć, kto aktywnie bierze udział w zajęciach.



Rys. 2. GeoGebra Classroom – widok pulpitu nauczyciela

Karty pracy mogą zawierać różne elementy takie jak: aplety z oknami wybranych kalkulatorów, notatnik do pisma odręcznego, pytania testowe, zadania randomowe odwołujące się do list i suwaków. Projektowanie niektórych zadań z natychmiastową informacją zwrotną (patrz rys. 3) wymaga głębszej znajomości poleceń i skryptów GeoGebry. Nie

trzeba jednak wówczas wprowadzać wszystkich wariantów poprawnych odpowiedzi, co jest konieczne w tego typu pytaniach w moodle czy też h5p. W zadaniach otwartych (np. z geometrii) studenci mogą samodzielnie sprawdzić poprawność uzyskanych odpowiedzi poprzez eksperymentowanie i bezpośrednią obserwację wizualnego efektu swoich obliczeń (rys. 4). W [11] prezentujemy przykładową lekcję zawierającą omawiane aktywności.

$f(x, y) = x^2 y + 3 \cdot \frac{x^3}{y} + 2x$, $P_0 = (2, 1)$

Rozwiązanie:

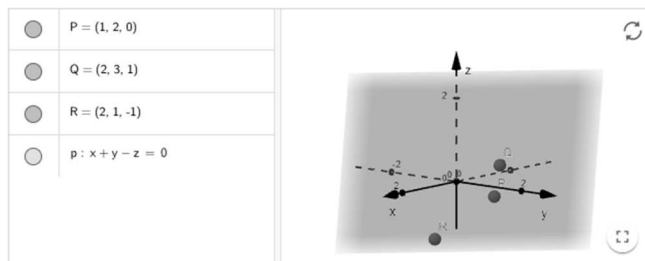
$f'_x(x, y) = y^2 + 2/y + 3x^2 + 1$ $f'_x(P_0) = -2$

$f'_y(x, y) = ((2xy^3) - (2x^3)) / y^2$ $f'_y(P_0) = 0$

Równanie płaszczyzny stycznej w punkcie $(2, 1, f(P_0))$: $z = x - y - 1$

Rys.3. Zadanie rozwiązane częściowo poprawnie

Obserwując widok 3D, sprawdź, czy zdefiniowana płaszczyzna p zawiera wszystkie podane punkty.



Wyznacz równanie płaszczyzny zawierającej punkty P , Q i R , a następnie odpowiednio zmodyfikuj równanie płaszczyzny p w powyższym aplicie.

Rys. 4. Zadanie otwarte z geometrii analitycznej

Warto wspomnieć, że aplety GeoGebry można również wykorzystać na platformie moodle osadzając je na stronach lub budując na ich bazie pytania typu GeoGebra (rys. 5).

Pytanie 4
Częściowo poprawnie
Punkty: 2,40 z 3,00
Oflaguj pytanie

Wyznacz równanie płaszczyzny stycznej do wykresu funkcji f w punkcie P_0 .

Odpowiedź wpiszemy stosując składnię GeoGebry:

potęgi: x^2, x^3 lub $a \cdot 10^{2,3}$, $10^{2,3}$

ułamki: a/b ułamki dziesiętne: np. 2.1

mnożenie: $a \cdot b$ lub $a \cdot b$ (nie ab) 1 nawiasy: $a(b+c)$, $\sin(2x)$, $\cos(3x)$

$f(x, y) = \frac{x^4 y + y + 1}{x}$, $P_0 = (1, -1)$

Rozwiązanie:

$f'_x(x, y) = 3x^2 y - y/x^2 - 1/x^2$ $f'_x(P_0) = -3$

$f'_y(x, y) = x^4$ $f'_y(P_0) = 1$

Równanie płaszczyzny stycznej w punkcie $(1, -1, f(P_0))$: $z = -3x + 2y + 4$

Obliczenia: $f'_x = 3x^2 y - \frac{y}{x^2} - \frac{1}{x^2}$ $f'_x(P_0) = -3 + 1 - 1 = -3$

$f(P_0) = -1$ $f'_y = x^4$ $f'_y(P_0) = 1 + 1 = 2$

$2 = -3(x-1) + 2(y+1) - 1$ $2 = -3x + 2y + 4$

Rys. 5. Ocenione pytanie typu GeoGebra na platformie moodle

2.4. Desmos

Kolejnym narzędziem, które może wspomóc wprowadzanie elementów oceniania kształtującego jest kalkulator Desmos (Wykresy, Geometria, 3D, Macierze) wraz z platformą Activity Builder służącą do tworzenia i udostępniania aktywności w wirtualnych klasach. Ze względu na intuicyjny interfejs oraz duży wybór ciekawych

i oryginalnych narzędzi do tworzenia interaktywnych zadań, m.in. w formie gier i zabaw dydaktycznych [12], Desmos najczęściej wykorzystujemy do zadań powtórzeniowych, „icebreakerów” i zadań typu challenge. Pojawiająca się w nich automatyczna informacja zwrotna zawiera wspierające i budujące komentarze. Pulpit nauczyciela w Desmos Classroom umożliwia wykładowcy obserwację aktywności studentów z różnych perspektyw i przesyłanie zalogowanym użytkownikom indywidualnej informacji zwrotnej (rys. 6).

Kimberly Weems
Student 16 of 16

Challenge #1

Napisz równanie elipsy, której wykres będzie rozdzieliał czerwone i niebieskie punkty.

Liczba prób: 3

$\frac{(x+1)^2}{40} + \frac{(y+8)^2}{6} = 1$

Feedback

Screen 4

Potrzaśnij podać równanie elipsy spełniającej warunki zadania! A czy umiałbyś zapisać równanie w którym współrzędne środka elipsy oraz długości półosi są liczbami całkowitymi? Spróbuj rozwiązać zadanie w nowej wersji.

a few seconds ago

Other screens

Teacher Moves Sample Responses

Rys. 6. Zadanie typu challenge

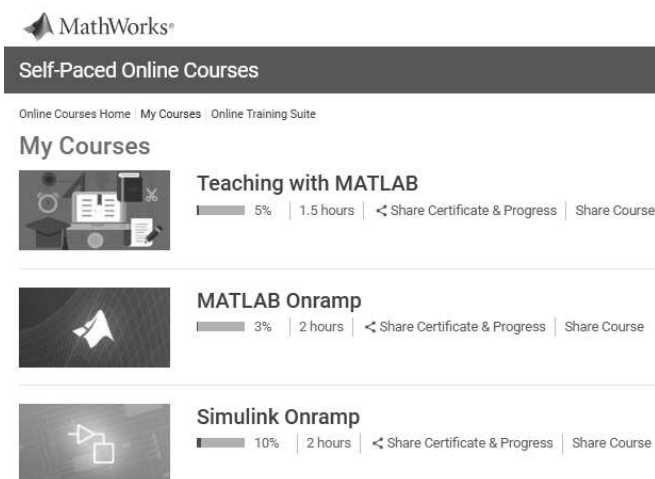
Wyniki zamieszczonych przez nauczyciela aktywności, ułatwiają diagnozowanie poziomu wiedzy studentów oraz tworzenie spersonalizowanych ścieżek nauki. Studenci, którzy mają trudności z pewnymi zagadnieniami, mogą otrzymać dodatkowe ćwiczenia lub materiały wyjaśniające, natomiast ci, którzy radzą sobie lepiej, mogą pracować nad bardziej zaawansowanymi tematami.

Kalkulator Desmos, podobnie jak GeoGebra, może być wykorzystywany do wykonywania krótkich obliczeń oraz wizualizacji wybranych pojęć matematycznych, a także do przeprowadzania szybkich ankiet i stawiania pytań otwartych (patrz Mentimeter).

2.5. MATLAB

MATLAB, rozwijany przez firmę MathWorks, może odgrywać istotną rolę w procesie oceniania kształtującego dzięki swoim zaawansowanym narzędziom edukacyjnym i programistycznym. Studenci mają możliwość korzystania z oprogramowania nie tylko w środowisku akademickim, ale również w domu, dzięki licencjom edukacyjnym. MATLAB oferuje interaktywne kursy online, między innymi MATLAB Onramp i Simulink Onramp, które studenci mogą realizować samodzielnie. MATLAB Grader umożliwia nauczycielom tworzenie programistycznych zadań, które są automatycznie sprawdzane, zapewniając studentom natychmiastową informację zwrotną. Taki system wspiera regularną ocenę postępów i pozwala na bieżąco dostosowywać proces nauki do indywidualnych potrzeb studentów.

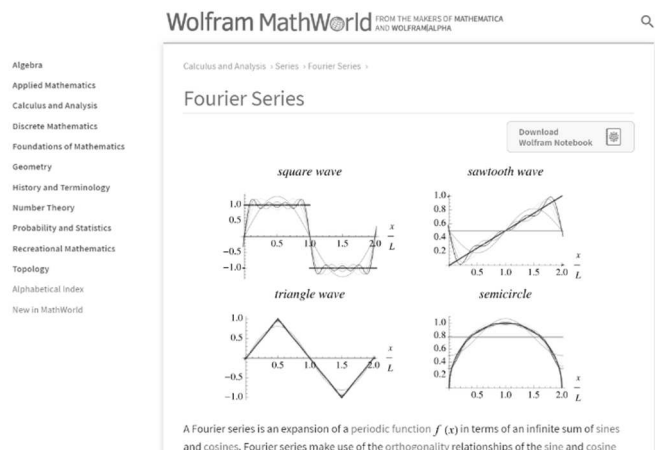
W kursach matematycznych, w których jedną z form zajęć jest laboratorium, korzystamy najczęściej z pakietu MATLAB oraz wybranych Toolboxów. Zachęcamy wówczas studentów by jako przyszli inżynierowie podnosili swoje kwalifikacje biorąc udział w kursach oferowanych w Matlab Academy.



Rys. 7. MATLAB – kursy samosprawdzające

2.6. WolframAlpha

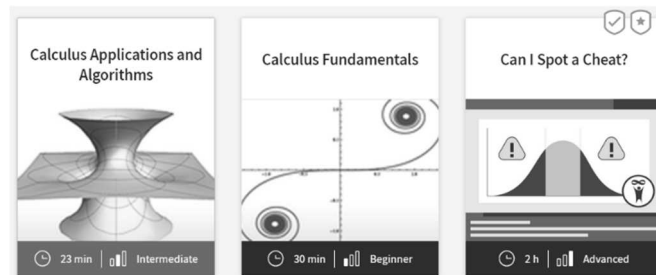
Wolfram Research to nazwa firmy technologicznej znanej z szerokiej gamy produktów. W edukacji kluczowe znaczenie mają oprogramowanie Wolfram Mathematica oraz WolframAlpha – zaawansowany silnik obliczeniowy połączony z systemem rozumienia języka naturalnego (NLU). NLU przekształca zapytania wyrażone w języku naturalnym w precyzyjną formę symboliczną, która umożliwia wykonanie obliczeń. WolframAlpha to także ogromna baza wiedzy z różnych dziedzin nauki. Historię matematyki oraz definicje pojęć matematycznych możemy odkrywać dzięki MathWorld – tworzonej od prawie 30 lat obszernej encyklopedii matematycznej online.



Rys. 8. Strona encyklopedii MathWorld

Na wykładach lub zajęciach używamy aplikacji mobilnej WolframAlpha, aby wykonać obliczenia lub rozwiązać bardziej złożone zadania czy problemy matematyczne oraz by analizować dane. Stosujemy to narzędzie jako pomoc w realizacji pracy w grupach, oceny koleżeńskie lub samooceny. Studenci mogą korzystać z WolframAlpha, by weryfikować swoje rozwiązania albo sprawdzać zadania według ustalonych kryteriów. Mogą też z jego pomocą układać zadania dla swoich kolegów.

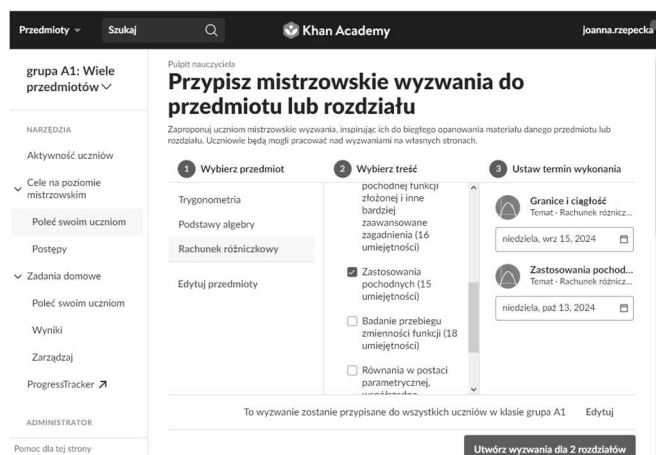
Wolfram U to z kolei platforma, która oferuje certyfikowane kursy online, webinary i inne materiały edukacyjne. Polecamy ją studentom zainteresowanym naukami ścisłymi.



Rys. 9. Wybrane kursy Wolfram U

2.7. Khan Academy i Otwarte Zasoby Edukacyjne

Zgodnie ze strategiami OK staramy się przedstawiać studentom wiarygodne źródła wiedzy – miejsca, gdzie mogą znaleźć rzetelne materiały pozwalające nadrobić zaległości, czy też poszerzyć swoją wiedzę i umiejętności nie tylko z matematyki, ale też z innych dziedzin. Bazę taką stanowią z pewnością, wspomniane już wcześniej, Wolfram MathWorld Wolfram Cloud oraz Matlab Academy. Inną grupę materiałów pomocnych dla studentów stanowią Otwarte Zasoby Edukacyjne (OZE) tworzone i udostępniane przez uczelnie, na przykład E-podręczniki Open AGH, czy Otwarte Zasoby Politechniki Wrocławskiej. Działają również fundacje non profit takie jak OpenStax Polska, które wydają podręczniki akademickie. Warto też wspomnieć o Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej Ministerstwa Edukacji Narodowej, zawierającej multimedialne i interaktywne e-podręczniki oraz materiały edukacyjne, w tym do matematyki [13].



Rys. 10. Pulpit nauczyciela na platformie Khan Academy

Z kolei Khan Academy to organizacja non-profit, która dostarcza materiały i różnorodne funkcjonalności zarówno dla ucznia jak i dla nauczyciela. Student otrzymuje kompletne narzędzie do nauki zawierające filmy, interaktywne ćwiczenia, dynamiczny system uzyskiwania pomocy, własny spersonalizowany profil, punkty i odznaki pokazujące, na jakim etapie ukończenia aktywności się znajduje. Narzędzia te pozwalają studentom na pracę we własnym tempie. Nauczyciel natomiast ma do dyspozycji platformę, na której może śledzić postępy studentów i mając świadomość luk w zrozumieniu materiału, może konkretnym studentom podsyłać materiały dostosowane do ich potrzeb.

Linki do tego typu materiałów lub ich wybranych fragmentów (zwłaszcza tych, które pomagają w praktycznym zastosowaniu wiedzy) zamieszczamy w kursie przedmiotowym. Czasem polecamy je studentom, w ramach

indywidualnej informacji zwrotnej, na przykład podczas konsultacji.

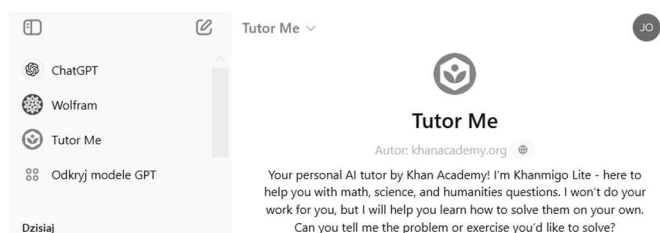
2.8. Sztuczna Inteligencja (SI)

W edukacji coraz większą rolę odgrywają i będą odgrywać narzędzia sztucznej inteligencji (takie jak ChatGPT) oparte o duże modele językowe LLM (Large Language Models). Poniżej przedstawiamy przykłady zastosowania SI w praktyce akademickiej:

1. *Wsparcie w tworzeniu materiałów dydaktycznych.* LLM mogą być wykorzystywane do generowania różnorodnych materiałów edukacyjnych, takich jak quizy, testy, ćwiczenia czy nawet całe scenariusze lekcji. SI może tworzyć treści w formatach takich jak LaTeX, H5P, diagramy, co pozwala na łatwe integrowanie ich z istniejącymi platformami e-learningowymi. Może na przykład na podstawie listy zagadnień wygenerować zestaw pytań o określonym poziomie trudności. Innym przykładem jest generowanie pytań kluczowych i wspieranie nauczyciela w opracowywaniu strategii nauczania oraz przykładów wykorzystania pojęć matematycznych do opisu otaczającego świata. Integracja LLM z pakietami matematycznymi, takimi jak Wolfram Alpha, a także narzędziami wykonywania kodu pomaga w redukcji błędów związanych z niestabilnością modelu (efekt halucynacji).

2. *Odświeżenie starych materiałów edukacyjnych.* Z pomocą LLM można odświeżyć materiały edukacyjne, dostosowując je do zmieniających się potrzeb i trendów w edukacji. SI może przetworzyć istniejące treści, np. konwertując zdjęcie starego arkusza zadaniowego na interaktywny dokument h5p.

3. *Wirtualny tutoring.* Wtyczka Tutor Me udostępniana przez Khan Academy jest kolejnym przykładem integracji z LLM. Korzystając z pomocy wirtualnego asystenta nauczania, student jest prowadzony przez serię interakcji wykorzystujących język naturalny, gdzie przykłady do rozwiązania są przeplatane pytaniami kontrolnymi. Student jest w stanie określić poziom abstrakcji i pominąć zagadnienia już opanowane, skupiając się na trudniejszych elementach dotyczących danego tematu.



Rys. 11. ChatGPT z wtyczkami Wolfram i Tutor Me

4. *Tłumaczenie materiałów edukacyjnych.* Narzędzia LLM oferują wysoki poziom spójności logicznej tłumaczonych tekstów. Dzięki temu studenci mogą korzystać z bogatej oferty otwartych materiałów edukacyjnych dostępnych w internecie, niezależnie od ich poziomu znajomości języków obcych.

5. *Kształcenie umiejętności krytycznego myślenia.* Warto zauważyć, że niedoskonałość odpowiedzi generowanych przez SI może być świetnym punktem wyjścia do dyskusji na temat błędów merytorycznych, niejasności czy braku spójności, co wspiera naukę krytycznego myślenia. Wielokrotne zadawanie zbliżonych pytań pozwala określić poziom zaufania względem wiedzy zwracanej przez narzędzia LLM. Integracje z narzędziami generowania wspomaganego przez wyszukiwanie (Retrieval Augmented

Generation – RAG), dostępnymi np. w Microsoft Copilot, pozwalają na uzyskiwanie odpowiedzi rozszerzonych przez odnośniki do materiałów źródłowych. Studenci wykorzystujący RAG nabywają nawyk weryfikacji faktów.

6. *Nauka promptowania.* Studenci, korzystając z narzędzi SI, mogą uczyć się precyzyjnego operowania językiem matematycznym podczas formułowania zapytań i uwzględniania wszystkich warunków zadania. Dla przykładu, inaczej może wyglądać odpowiedź bota na polecenie „Rozwiąż równanie $x^3 - x + 2 = 0$ ” a inaczej „Znajdź rozwiązania rzeczywiste równania $x^3 - x + 2 = 0$ ”.

2.9. Kartka lub tablica

Wszystkie omawiane wcześniej narzędzia mogą być skutecznie wykorzystywane w ocenianiu kształtującym, wspierając równocześnie rozwój umiejętności matematycznych studentów. Jednak nawet w dobie SI, kartka i długopis albo tablica i kreda zazwyczaj wystarczą, aby osiągnąć podobne cele. Na przykład studenci przynoszą rozwiązane w domu zadania przygotowujące do kolokwium i zamiast oceny otrzymują od nauczyciela pełną informację zwrotną na temat swojej pracy oraz punkty za podejście do zadania, które liczą się przy ocenie aktywności. Zadania takie mogą też być rozwiązywane podczas zajęć, a wyniki prezentowane na tablicy bądź oceniane przez kolegów, po wcześniejszym ustaleniu kryteriów takiej oceny.

3. WNIOSKI I REFLEKSJE

Strategie oraz działania związane z ocenianiem kształtującym, wymienione w pierwszej części artykułu, należą z pewnością do kanonu dobrych praktyk w edukacji akademickiej i są stosowane przez wielu nauczycieli. Autorki artykułu wprowadzają je w swojej pracy dydaktycznej od wielu lat, choć nie zawsze w pełnym zakresie, ze względu na ich pracochłonność i czasochłonność.

Pracując zgodnie ze strategiami OK trafiłyśmy na różnorodne wyzwania. Pierwsze z nich to zróżnicowany poziom wiedzy i umiejętności studentów pierwszego roku oraz ich trudności adaptacyjne w nowym środowisku. Wymagało to od nas skupienia i uważności na ich potrzeby oraz podejmowania wielu działań mających na celu wspieranie i motywowanie ich do pracy. Kolejnym wyzwaniem dla nas okazało się udzielanie konstruktywnej i nieocenianej informacji zwrotnej. Na początku semestru nie wszyscy studenci chcieli otrzymywać taką informację bądź nie czuli potrzeby by się z nią zapoznać. Oczywiście byli też studenci, którzy lepiej reagowali na formatywne oceny niż standardowe stopnie. Zauważali oni, że ich wysiłki są doceniane i mają wpływ na proces nauki. W grupach o dużej liczbie studentów pomocne były materiały z automatyczną informacją zwrotną, która co prawda nie jest spersonalizowana, ale może być natychmiastowa, co jest jedną z istotnych cech skutecznego feedbacku. Brak możliwości powrotu do tematów słabo opanowanych przez studentów (ze względu na ograniczenia czasowe), stanowił też pewien problem w realizacji strategii OK. Dlatego w naszych kursach udostępnialiśmy dodatkowe materiały, wybrane spośród zasobów wymienionych w rozdziale drugim, dopasowane do poziomu i potrzeb grupy. Mając na uwadze czas i możliwości studentów starałyśmy się zachować równowagę, by nie przytłoczyć ich ilością materiału do opracowania. Zapoznanie studentów z nowymi narzędziami oraz wdrożenie ich do pracy określonymi metodami też wymagało trochę czasu.

Do niewątpliwych zalet oceniania kształtującego możemy zaliczyć jego systematyczność, która przekładała się na systematyczną pracę studentów. Ponadto studenci chętnie angażowali się w proces oceniania poprzez samoocenę i ocenę rówieśniczą. W trakcie semestru zmieniano się ich podejście do oceniania jako elementu procesu uczenia się. Studenci, mając do dyspozycji różnorodne materiały, mogli wybierać te, które najlepiej odpowiadały ich indywidualnemu stylowi uczenia się oraz przekonywać się, że zdobywana wiedza może być przydatna.

Zdecydowanie możemy powiedzieć, że mimo różnych trudności w stosowaniu metod i strategii oceniania kształtującego, wprowadzenie ich w naszych kursach wpłynęło pozytywnie na atmosferę podczas zajęć, zwiększyło zaangażowanie studentów w swój proces uczenia się oraz wiarę we własne możliwości i umiejętności.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Sterna D.: Ocenianie kształtujące w praktyce, Centrum Edukacji Obywatelskiej, Warszawa 2008.
2. Sterna D.: W szkole jest OK. Ocenianie kształtujące w praktyce, Warszawa 2018, Centrum Edukacji Obywatelskiej.
3. <https://pomagajsieuczyc.ceo.org.pl/tematy/ocenianie-ksztaltujace>, data dostępu 6.08.2024.
4. <https://www.nowaera.pl/ok-czas-na-ocenianie-ksztaltujace>, data dostępu 6.08.2024.
5. <https://oknauczanie.pl>, data dostępu 6.08.2024.
6. <https://ore.edu.pl/2022/11/ocenianie-ksztaltujace-od-koncepcji-do-praktycznej-realizacji-w-klasie-zroznicowanej>, data dostępu 6.08.2024.
7. Bojanowicz, J.: Ocenianie kształtujące w kształceniu akademickim, *Journal of Education, Technology and Computer Science*, 30(4), 2019, 122–127.
8. Black, P.: "In praise of educational research": formative assessment, *British Educational Research Journal*, 29(5), 2003, 623–637.
9. Bloom, B. S., Madaus, G. F., & Hastings, J. T.: *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, New York 1971: McGraw-Hill.
10. Kotlicka-Dwurznic E., Rzepecka J.: GeoGebra - od aplikacji dydaktycznej do platformy edukacyjnej, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Nr 65, 2019, s. 43-48.
11. <https://www.geogebra.org/classroom/pujbepdq>, data dostępu 30.08.2024.
12. Kotlicka-Dwurznic E., Rzepecka J.: Zastosowanie kalkulatora Desmos do tworzenia gier, testów i zadań matematycznych, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Nr 52, 2017, s. 55-58
13. <https://zpe.gov.pl/szukaj?query=&stage=E4&subject=Matematyka+LICEUM+TECHNIKUM>, data dostępu 30.08.2024.

FORMATIVE ASSESSMENT IN MATHEMATICS COURSES – USING SELECTED TOOLS AND STRATEGIES

Formative assessment is one of the key elements of modern education. It is a dynamic process that involves both teachers and students in a continuous exchange of information. This allows teachers, with a better understanding of students' needs, to use more effective teaching methods and students to receive ongoing feedback on their learning progress. This article presents examples of such learning methods and tools. In particular, we will look at selected learning platforms and virtual classrooms that allow the sharing of assignments and tests with automatic grading and analysis of answers. We will also present mathematical applications that can be used not only for calculations and visualisation, but also for verifying answers, making hypotheses and discovering regularities.

Keywords: formative assessment, feedback, educational platforms, mathematical applications.

DOSTOSOWANIE KSZTAŁCENIA MATEMATYCZNEGO DO SPECYFIKI KIERUNKU NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH KIERUNKÓW PROWADZONYCH W POLITECHNICE ŁÓDZKIEJ, PRZYPISANYCH DO DYSCYPLINY MATEMATYKA

Artur WACHOWICZ

Politechnika Łódzka, Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej, Instytut Matematyki
tel.: 42 631 3854 e-mail: artur.wachowicz@p.lodz.pl

Streszczenie: W artykule zostaną omówione wybrane aspekty dostosowania kształcenia matematycznego do specyfiki kierunku na przykładzie trzech kierunków matematycznych prowadzonych w Politechnice Łódzkiej. Analiza porównawcza będzie dotyczyć podejścia do kształcenia w ramach przedmiotów podstawowych, takich jak analiza matematyczna, algebra czy statystyka matematyczna oraz wpływu jego zróżnicowania na sylwetkę absolwenta. Wnioski końcowe dotyczą uzyskania pewnej uniwersalności tak prowadzonego kształcenia. Dzięki niemu kadra akademicka stale rozwija swoje kompetencje dydaktyczne, uwzględniając nowe trendy (metody kształcenia), w tym także pogłębiając umiejętności informatyczne. Swego rodzaju benefitem jest podniesienie atrakcyjności kierunków matematycznych wśród kandydatów na studia w Politechnice Łódzkiej oraz równoległe idące zainteresowanie pracodawców absolwentami tych kierunków.

Słowa kluczowe: program studiów, dydaktyka nauczania matematyki, kierunkowe efekty uczenia się, dobór treści i metod kształcenia.

1. INFORMACJE WSTĘPNE

1.1. Wybrane aspekty prawne kształcenia w uczelni wyższej

Odkąd w 2011 r. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego zniósło tzw. minima programowe uczelnie uzyskały (za wyjątkiem kilku nadal standaryzowanych kierunków) swego rodzaju wolność w kreowaniu kształcenia na kierunkach przypisanych do dyscyplin nauki lub sztuki. Wprowadzie nadal należy zagwarantować znajomość przez studentów głównych dziedzinowych teorii, tym niemniej rozkład i zakres położenia akcentów kształcenia na poszczególne składowe pozostaje w dyspozycji uczelni. Przypomnijmy, że zgodnie z obowiązującą ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (zob. [1]), kształcenie prowadzi się na kierunku, poziomie i profilu, na podstawie programu studiów. Program studiów może być przypisany do dyscypliny nauki lub sztuki, przy czym możliwe jest przypisanie do więcej niż jednej dyscypliny z zastrzeżeniem określenia dyscypliny wiodącej, w ramach której student uzyskuje więcej niż połowę kierunkowych efektów uczenia się. Tematyka dostosowania kształcenia matematycznego do określonych wymagań, w tym do oczekiwań rynku pracy, jest w ostatnich latach bardzo popularna. Świadczyć o tym może cykl publikacji [2, 3, 4] podejmujący różne aspekty takich działań, głównie jednak na studiach technicznych. Niniejsza publikacja wpisuje się w ten cykl, z tą jednak różnicą, że dotyczy ona kierunków przypisanych do dyscypliny

matematyka, nauki podstawowej, która przez około 50 ostatnich lat jest wykładana w sensie strukturalnym bardzo podobnie na polskich uczelniach. Dokonamy analizy porównawczej dostosowania kształcenia matematycznego na trzech kierunkach studiów I stopnia prowadzonych w Politechnice Łódzkiej: matematyka stosowana, aktuariat i analiza finansowa oraz Mathematical Methods in Data Analysis (matematyczne metody analizy danych – kierunku prowadzonego w jęz. wykładowym angielskim).

1.2. Analiza kluczowych kierunkowych efektów uczenia się dla wybranych kierunków studiów

Program studiów jest determinowany w znacznej mierze przez określenie tzw. kierunkowych efektów uczenia się. Zniesienie minimów programowych w 2011 r. miało również związek z dostosowaniem kształcenia do potrzeb gospodarki, stąd można było określić kierunki przypisane do tej samej dyscypliny, ale posiadające różne sylwetki absolwenta. Jedną z dyscyplin dających takie możliwości jest matematyka, której zastosowania są na tyle obszerne, że pozwalają ukierunkować absolwenta w wielu dziedzinach ważnych dla funkcjonowania gospodarki (np.: finanse, ubezpieczenia, analiza danych) – absolwenci o takich kompetencjach są obecnie niezwykle cenni na rynku pracy.

Rozpocznijmy od tabelarycznego zaprezentowania kluczowych kierunkowych efektów uczenia się dla poszczególnych kierunków (czyli najważniejszych trzech efektów kierunkowych określających główne kompetencje absolwenta) wraz z ich krótką analizą.

Tabela 1. Kluczowe kierunkowe efekty uczenia się na kierunku matematyka stosowana (studia licencjackie)

1	Zna możliwości zastosowań analizy matematycznej zarówno w problemach teoretycznych, jak i praktycznych
2	Potrafi przeprowadzać wnioskowania statystyczne na podstawie zebranych danych
3	Potrafi utworzyć opracowanie problemu z zakresu matematyki lub jej zastosowań

Jak widać, efekty w tabeli 1 mają bardzo ogólny charakter, dający w szczególności szerokie możliwości formowania specjalizacji w ramach programu kształcenia, z jednoczesnym położeniem istotnego akcentu na kształcenie kanonicznych kompetencji matematycznych. Co nie mniej istotne, widać tu również odniesienia do niezwykle ważnych

kompetencji praktycznych, dotyczących tworzenia opracowań w obrębie możliwie szeroko rozumianych zastosowań matematyki z wykorzystaniem metod i narzędzi statystyki matematycznej oraz analizy danych. Warto tu także wspomnieć, że pozostałe matematyczne efekty kierunkowe nawiązują do kształcenia z zakresu podstaw matematyki oraz znajomości struktur algebraicznych (co dopełnia zwyczajowy matematyczny kanon kształcenia na studiach matematycznych I stopnia).

Przyjrzyjmy się teraz tabeli efektów kierunkowych dla drugiego anonowanego kierunku.

Tabela 2. Kluczowe kierunkowe efekty uczenia się na kierunku aktuariat i analiza finansowa (studia licencjackie)

1	Zna i rozumie w zaawansowanym stopniu wybrane elementy teorii matematycznych, ich złożone zależności, umożliwiające analizę teoretycznych i praktycznych problemów natury aktuarialnej
2	Potrafi przeprowadzać wnioskowania, w tym statystyczne i wymagające nietypowego podejścia, dokonując selekcji właściwych metod i narzędzi oraz krytycznej oceny merytorycznej treści źródeł informacji, przy możliwym wsparciu systemów informatycznych
3	Posiada umiejętność rozwiązywania problemów biznesowych przy wykorzystaniu metod aktuarialnych

Obserwujemy natychmiast odniesienia do zagadnień aktuarialnych i kompetencji biznesowych, specyfika kierunku jest więc bezpośrednio podkreślona. Zagadnienia matematyczne są zapisane bardziej w tle, w sposób mniej szczegółowy, pełnią one rolę narzędzi dla kluczowych kompetencji absolwenta, obejmujących także znajomość metod i technik informatyki.

Rozważymy teraz kluczowe efekty kierunkowe dla trzeciego rozpatrywanego kierunku.

Tabela 3. Kluczowe kierunkowe efekty uczenia się na kierunku Mathematical Methods in Data Analysis (studia inżynierskie)

1	W zaawansowanym stopniu zna i rozumie algorytmy i metody obliczeniowe, w tym algorytmiczne metody algebry liniowej oraz metody statystyczne - istotne w eksploracji danych
2	Potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe oraz przetwarzać dane eksperymentalne i porównywać wyniki z odpowiednimi modelami matematycznymi
3	Zna i rozumie zagadnienia z zakresu nauk podstawowych, w szczególności podstawowych działów matematyki i metod statystycznej analizy danych, pozwalające na opis i modelowanie problemów, w tym interdyscyplinarnych

Podobnie jak w przypadku tabeli 2, dostrzegamy w tabeli 3 specyfikę kierunku opisaną w jego nazwie. Tym razem uwidocznione są algorytmy i metody obliczeniowe, dla których bazą jest algebra liniowa i statystyka matematyczna. Absolwent ma poszerzone w stosunku do poprzednich kierunków kompetencje informatyczne, które są osiąganymi nie tylko przez znajomość odpowiednich środowisk, ale w głównej mierze poprzez pracę w tych środowiskach opartą

na modelach matematycznych, w tym w szczególności w zakresie statystycznej analizy danych. Warto również podkreślić, że absolwent kierunku z uwagi na sposób realizacji studiów (stosowane metody dydaktyczne, np. Project Based Learning) doświadcza także współpracy o charakterze interdyscyplinarnym poprzez wpisaną w programie studiów współpracę z kierunkami pokrewnymi (także w ramach obowiązkowego semestralnego wyjazdu do uczelni zagranicznej). Widoczny jest również, w sposób bardziej jawny niż w tabeli 2, background matematyczny, który podobnie jak dla kierunku aktuariat i analiza finansowa, ma charakter służebny dla kompetencji absolwenta opisanych w ramach efektów kierunkowych.

2. ANALIZA PORÓWNAWCZA KSZTAŁCENIA MATEMATYCZNEGO DLA WYBRANYCH KIERUNKÓW STUDIÓW

2.1. Specyfika kształcenia matematycznego na kierunku matematyka stosowana

Kształcenie obejmuje typowe bloki z podstaw matematyki, analizy matematycznej, algebry, rachunku prawdopodobieństwa, itp., co przedstawiamy w poniższej tabeli.

Tabela 4. Kluczowe bloki przedmiotów matematycznych na kierunku matematyka stosowana

L.P.	Nazwa przedmiotu/bloku	Łączna liczba godzin
1	Wstęp do logiki i teorii mnogości	60
2	Analiza matematyczna I, II, III	285
3	Blok przedmiotów z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej	240
4	Blok przedmiotów z zakresu algebry	180
5	Teoria miary i całki	60
6	Topologia przestrzeni metrycznych	60
7	Matematyka dyskretna	60
8	Równania różniczkowe	60

Zacznijmy od analizy ilościowej tabeli 4 – łącznie absolwent kierunku matematyka stosowana uczestniczy w 1005 godzin typowych klasycznych przedmiotów, które można spotkać na niemal każdym kierunku matematycznym. Stanowi to niemal połowę wszystkich godzin przewidzianych w planie studiów. Widać stąd bezsprzecznie, że absolwent kierunku jest przede wszystkim dobrze wykształconym matematykiem, natomiast w dalszym cyklu kształcenia w semestrach IV-VI studiuje przedmioty jednej z wybranych specjalizacji: matematyka finansowa i ubezpieczeniowa, matematyczne metody analizy danych biznesowych lub zastosowań matematyki w naukach ścisłych. Oznacza to, że w pewnym zakresie program studiów obejmuje kompetencje specjalistyczne osiągane na dwóch pozostałych kierunkach (trzecia specjalizacja daje ponadto możliwość pogłębienia kształcenia w zakresie matematyki teoretycznej wraz z aplikacjami do modelowania różnego rodzaju zjawisk).

2.2. Specyfika kształcenia matematycznego na kierunku aktuariat i analiza finansowa.

Kształcenie w swojej początkowej fazie nawiązuje tu do podejścia klasycznego, tym niemniej różnice w nacisku na poszczególne komponenty są zarówno ilościowe, jak i jakościowe. Studenci otrzymują znacznie więcej

kompetencji w oparciu o pracę projektową i laboratoryjną. Część przedmiotów matematycznych jest realizowana w ramach bloków obieralnych, niektóre zagadnienia, takie jak np. elementy matematyki dyskretnej czy podstaw matematyki (w tym logiki matematycznej) są realizowane w połączeniu z innymi klasycznymi przedmiotami. Tak jest w przypadku bloku przedmiotów z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, gdzie zagadnienia z logiki matematycznej i matematyki dyskretnej stanowią element wprowadzający do typowych zagadnień probabilistycznych, np. technik zliczania elementów zbioru. Absolwent kierunku aktuariat i analiza finansowa używa rozbudowanego aparatu statystyki matematycznej w finansach i ubezpieczeniach do modelowania złożonych procesów finansowych, takich jak wycena opcji, modelowanie zmienności rynkowej czy oceny ryzyka i wyceny produktów ubezpieczeniowych (zob. [5]). Przykładem zastosowania statystyki aktuarialnej jest modelowanie ryzyka śmierci w ubezpieczeniach na życie. Rachunek prawdopodobieństwa i elementy procesów stochastycznych są wykorzystywane do optymalizacji decyzji finansowych i zarządzania portfelem inwestycyjnym (zob. [6], [7] i por. z [5]).

Tabela 5. Kluczowe bloki przedmiotów matematycznych na kierunku aktuariat i analiza finansowa

L.P.	Nazwa przedmiotu/bloku	Łączna liczba godzin
1	Analiza matematyczna I, II, III	210
2	Algebra	60
3	Blok przedmiotów z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej	435

Zapoznając się z poniższą tabelą kluczowych bloków matematycznych, obserwujemy najpierw niemal dwukrotnie większy blok przedmiotów probabilistyczno-statystycznych w porównaniu do matematyki stosowanej (w istocie jest on jeszcze większy, gdyż w tabeli 5 pominięte zostały przedmioty obieralne). Realizacja kształcenia z analizy matematycznej ma charakter bardziej inżynierski, tzn. przy dostarczeniu studentowi podobnych treści (choć w nieco innej „konsystencji” i układzie), nacisk położony jest na umiejętności praktyczne – treści programowe Analizy matematycznej I, II, III są dostosowane do realizowanych równolegle przedmiotów specjalistycznych, które w odróżnieniu od kierunku matematyka stosowana, pojawiają się już na II semestrze studiów. Dostosowanie umiejętności praktycznych dotyczy przedmiotów z zakresu analizy finansowej (w tym obliczeń komputerowych w finansach), podstaw aktuariatu oraz modelowania instrumentów finansowych. Pewne typowe zagadnienia, które zwykle są umieszczane w programie studiów jako oddzielne przedmioty, np. równania różniczkowe, na kierunku aktuariat i analiza finansowa są umiejscowione w ramach Analizy III w zakresie niezbędnym do aplikacji finansowo-aktuarialnych, w tym potencjalnie w pracy dyplomowej. Ponadto możliwe są do wyboru przedmioty uzupełniające umiejętności matematyczne z zakresu funkcji rzeczywistych, topologii, miary i całki czy zastosowań zbiorów rozmytych w testowaniu hipotez.

2.3. Specyfika kształcenia matematycznego na kierunku Mathematical Methods in Data Analysis

Przejdźmy do kierunku Mathematical Methods in Data Analysis, prezentując najpierw tabelę głównych bloków matematycznych.

Tabela 6. Kluczowe bloki przedmiotów matematycznych na kierunku Mathematical Methods in Data Analysis

L.P.	Nazwa przedmiotu/bloku	Łączna liczba godzin
1	Analiza matematyczna I, II	135
2	Logika i matematyka dyskretna	60
3	Algebra liniowa w analizie danych	90
4	Blok przedmiotów z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej	270
5	Równania różniczkowe	60
6	Blok matematyki stosowanej	550

Tabela 6 zawiera w porównaniu z tabelami 4 i 5 ilościowo największy blok przedmiotów matematycznych, głównie z zakresu matematyki stosowanej (łącznie 1165 godzin). Jest to spowodowane dodaniem do klasycznych przedmiotów typu analiza matematyczna, algebra liniowa czy rachunek prawdopodobieństwa i statystyka, zajęć laboratoryjnych lub projektu laboratoryjnego bezpośrednio do danego przedmiotu lub niezależnie jako dodatkowy moduł (zob. [8] w kontekście kształcenia z algebry). Celem jest pokazanie studentowi, jak dane pojęcie i jego własności wykorzystuje się w zagadnieniach praktycznych, w szczególności takich, gdzie tzw. podejście „tablicowe” nie ma racji bytu (np. z przyczyny liczby danych lub liczby operacji, które trzeba wykonać). Ponadto z uwagi na inżynierski charakter studiów oraz efekty kierunkowe, wprowadzony został duży blok przedmiotów łączących matematykę i analizę danych (550 godzin). Studenci w tych ramach realizują projekty laboratoryjne dotyczące statystycznej analizy danych, matematyki danych, równań różniczkowych w modelowaniu zjawisk, wielowymiarowej analizy danych, Big Data, teorii grafów z zastosowaniami w sieciach społecznościowych oraz uczenia maszynowego (zob. [9] i por. z [10] oraz [11] szczególnie w zakresie dużych zbiorów danych). Absolwent otrzymuje niezbędne narzędzia do modelowania danych, przewidywania trendów oraz identyfikacji wzorców i anomalii. Przykładowo, algorytmy regresji liniowej i logistycznej będące fundamentem wielu metod analizy danych, opierają się na matematycznych pojęciach z zakresu algebry liniowej (zob. [8]) i statystyki. Wykorzystywane w kształceniu na kierunku modele uczenia maszynowego, np. sieci neuronowe, korzystają z zaawansowanych technik matematycznych, takich jak optymalizacja i analiza numeryczna.

3. PODSUMOWANIE

Dopasowanie kształcenia matematycznego na kierunkach matematycznych wyspecjalizowanych w analizie danych oraz ubezpieczeniach i finansach jest kluczowe dla przygotowania kompetentnych specjalistów. Właściwie zaprojektowane programy kształcenia, obejmujące zarówno solidne podstawy teoretyczne, jak i umiejętności praktyczne, umożliwiają absolwentom skuteczne zastosowanie wiedzy w praktyce zawodowej. W obliczu dynamicznie zmieniającego się rynku pracy elastyczność i aktualność

programów studiów stają się niezbędnymi elementami w procesie kształcenia przyszłych analityków danych oraz specjalistów w dziedzinie ubezpieczeń i finansów. Omówione kierunki mają ze sobą wiele wspólnego, ale także posiadają również istotne różnice. Wspólnym mianownikiem są posiadane kompetencje matematyczne, najbardziej rozległe na kierunku matematyka stosowana. Różnice dotyczą rozkładu: poszczególnych działów matematyki, form zajęć, zakresu czy używanych metod dydaktycznych (w tym także metod aktywnych typu *flipped classroom*, *project based learning*, *case teaching*), ale także zagadnień specjalistycznych. Na kierunku matematyka stosowana mamy swego rodzaju linię podziału na kształcenie ogólne i specjalistyczne, zaś na pozostałych dwóch kierunkach kształcenie specjalistyczne następuje równoległe z matematycznym. Stąd też studenci nabywają szybciej umiejętność radzenia sobie z problemami praktycznymi, w tym także wcześniej zapoznają się z praktycznymi zastosowaniami metod i technik informatyki. Tym niemniej, co trzeba podkreślić, ich kompetencje z matematyki teoretycznej nie są tak rozległe jak na kierunku matematyka stosowana (są generalnie dostosowane do potrzeb rozwiązywania problemów dotyczących zagadnień typowych dla kierunku, zapisanych w kierunkowych efektach uczenia się).

Tak zróżnicowane kształcenie matematyczne wymaga od kadry akademickiej istotnego poszerzenia swoich kompetencji dydaktycznych, dostosowania się do kształcenia opartego na najnowszych trendach, znajomości nowoczesnych metod kształcenia, aktualnych środowisk informatycznych oraz metod i technik przez nie oferowanych. Jest to bardzo kosztowny proces, nie tylko ze względu na koszty finansowe (szkolenia, warsztaty, udział w konferencjach, itp.), ale także z uwagi na równoległe prowadzone badania naukowe. Na chwilę obecną efekt końcowy tego przedsięwzięcia jest pozytywny. Łączna liczba studentów zdecydowanie wzrosła (podwoiła się w stosunku do roku 2020), przy jednoczesnym zachowaniu poziomu badań naukowych w dyscyplinie matematyka w Politechnice Łódzkiej. Zainteresowanie pracodawców (głównie z segmentu analizy danych i finansów) jest również zadowalające, chętnie włączają się w proces dydaktyczny, prowadzą szkolenia, warsztaty, współprowadzą wybrane zajęcia, jak również opiniują zmiany w programach studiów. Oferują także programy stażowe, licząc w szczególności na pozyskanie odpowiednio wykwalifikowanych absolwentów.

Na zakończenie podamy jeszcze informacje o interesującej inicjatywie dotyczącej nowego modelu kształcenia na kierunku matematyka stosowana, prowadzonego na Uniwersytecie w Twente (Holandia). Podczas trzyletniego programu licencjackiego student uczeń w 12 modułach (4 moduły rocznie), w każdym module podejmowane są aktualne tematy ważne dla otoczenia gospodarczego, łączące teorię i praktykę, w tym elementy badań naukowych, projektowanie rozwiązań, samodzielną naukę i pracę zespołową. Oryginalność tego podejścia polega na odwróceniu tradycyjnej kolejności: wychodzi się od problemu i poprzez analizę potrzeb niezbędnych do jego rozwiązania kształtuje się odpowiednie kompetencje matematyczne. Poza modułami 1 i 2, w trakcie których ugruntowane zostaje kształcenie z zakresu szkoły średniej, a następnie dostarczane są najważniejsze elementy z podstaw matematyki, nie ma właściwie explicite przedmiotów typu analiza matematyczna, algebra czy statystyka. Zagadnienia dotyczące tych działów są realizowane niejako przy okazji,

a wręcz na potrzeby rozważanego cyklu projektów (zob. [12]). Wydaje się, że na chwilę obecną polski system szkolnictwa wyższego nie jest przygotowany na taki wariant kształcenia w zakresie matematyki stosowanej. To nie tylko kwestia zmian „papierowych” w programie studiów, ale przede wszystkim problem przygotowania kadry dydaktycznej do takiego systemu edukacyjnego. Wiąże się to ze znacznym podniesieniem kompetencji nie tylko dydaktycznych, ale głównie merytorycznych. Wejście w model kształcenia praktykowany w Uniwersytecie w Twente wymaga od matematyków pozyskania wiedzy i umiejętności z podstaw innych dyscyplin naukowych (np.: fizyki, chemii, biologii, elektrotechniki, informatyki). Jest tu jeszcze istotny inny aspekt związany z oceną takiego kształcenia przez komisję akredytacyjną. Nie jest wcale jasne, czy brak klasycznych przedmiotów widniejących niezmiennie w polskich programach studiów matematycznych od około 50 lat nie spowodowałby negatywnej decyzji takiej komisji. Plan studiów nie ma w tym przypadku klasycznej „przejrzystej” struktury, w ramach której można łatwo sprawdzić istnienie i zakres kluczowych teorii matematycznych. Podsumowując, próba wdrożenia modelu Twente wymaga (w opinii autora) nie tylko włożenia olbrzymiej pracy merytorycznej przez matematyków, ale także prawdopodobnie odpowiednich zmian legislacyjnych. Tym niemniej, taki styl kształcenia, wychodzi zdecydowanie naprzeciw czasom, w których żyjemy.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 r., Dz. U. 2018, poz. 1668, art. 53.
2. Kozłowski K., Nowak A.: Przygotowanie absolwentów studiów matematycznych do wymagań rynku pracy, *Kwartalnik Edukacja*, Nr 3, Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 2017, s. 79-92.
3. Dąbrowski M.: Rola matematyki w kształceniu inżynierskim w kontekście wymagań rynku pracy, *Wydawnictwo Edukacyjne*, Warszawa 2018, s. 14-21.
4. Wysocki P., Sobczak M.: Matematyka w kształceniu wyższym a potrzeby pracodawców – analiza przypadków, *Studia Pedagogiczne*, t. 45, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2020, s. 103-117.
5. Cochrane J. H.: *Asset Pricing*, Princeton University Press, 2005.
6. McNeil A. J., Frey R., Embrechts P., *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, Princeton University Press, 2015.
7. Bury P., Małecki M., Radzikowska E.: *Matematyka w ubezpieczeniach: teoria ryzyka i reasekuracja*, PWN, 2007.
8. Strang G.: *Linear Algebra and Its Applications*, Cengage Learning, 2016.
9. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J., *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, Springer Science & Business Media, 2009.
10. Murphy K.P., *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, MIT Press, 2012.
11. Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J., *Mining of Massive Datasets*, Cambridge University Press, 2nd ed., 2012.
12. Strona internetowa Uniwersytetu w Twente (Holandia): <https://www.utwente.nl/en/education/bachelor/programmes/applied-mathematics/study-programme>, data dostępu 24.08.2024.

ADAPTATION OF MATHEMATICAL EDUCATION TO THE SPECIFICITY OF THE FIELD OF STUDY ON THE EXAMPLE OF SELECTED FIELDS OF STUDY AT THE LODZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, ASSIGNED TO THE DISCIPLINE OF MATHEMATICS

The article discusses selected aspects of adapting mathematical education to the specifics of the field of study using the example of three mathematical fields of study conducted at the Lodz University of Technology. The comparative analysis concerns the approach to education within basic subjects, such as mathematical analysis, algebra, and mathematical statistics, and the impact of its differentiation on the graduate's profile. The fields discussed have a lot in common, but they also have significant differences. The common denominator is the mathematical competences possessed. The differences concern the distribution of: individual branches of mathematics, forms of classes, scope, or teaching methods used (including active methods such as flipped classroom, project based learning, case teaching), but also specialist issues. The final conclusions concern achieving a certain universality of education conducted in this way. Thanks to it, the academic staff continuously develop their teaching competences, taking into account new trends (active methods of education), including deepening their IT skills. A certain benefit is the increase in the attractiveness of mathematical fields among candidates for studies at the Lodz University of Technology and the parallel interest of employers in graduates of these fields.

Keywords: study program, mathematics teaching methods, field-specific learning outcomes, selection of teaching content and methods.

INNOWACYJNE NAUCZANIE MATEMATYKI NA PODSTAWIE OBSERWACJI STUDENTÓW ORAZ NAUCZYCIELI AKADEMICKICH

Magdalena ŁAPIŃSKA¹, Anna NIEWULIS²

1. Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
tel.: 58 348 61 84, e-mail: magdalena.lapinska@pg.edu.pl
2. Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
tel.: 58 348 61 95, e-mail: anna.niewulis@pg.edu.pl

Streszczenie: Współczesne podejście do nauczania matematyki na uczelniach technicznych wymaga zastosowania innowacyjnych metod, które umożliwią studentom efektywne przyswajanie wiedzy. Pokolenie Z, które dorasta w erze cyfrowej, oczekuje interaktywnych, zróżnicowanych i angażujących form nauki. Celem artykułu jest przedstawienie jak innowacyjne podejścia do nauczania matematyki są postrzegane przez studentów Politechniki Gdańskiej oraz nauczycieli akademickich. Przedstawiona analiza zawiera cenne wskazówki dla instytucji akademickich dążących do poprawy jakości kształcenia matematycznego oraz przygotowania studentów do wyzwań zawodowych w branżach technicznych.

Słowa kluczowe: e-nauczanie, pokolenie Z, matematyka, odwrócona klasa

1. WPROWADZENIE

Innowacyjne nauczanie w szkolnictwie wyższym obejmuje dzisiaj:

- korzystanie z narzędzi takich jak oprogramowanie matematyczne, tablice interaktywne, platformy e-learningowe, aplikacje internetowe,
- metody aktywizujące, wykorzystanie takich metod jak gry dydaktyczne, metoda projektu,
- personalizację nauczania, dostosowanie metod do indywidualnych potrzeb studentów,
- interdyscyplinarność, przedstawienie omawianych zagadnień matematyki w branżach technicznych.

Na podstawie ankiet zebranych wśród 200 studentów pierwszego roku Politechniki Gdańskiej przeanalizujemy jakie innowacyjne metody są skuteczne w nauczaniu matematyki, przedmiotu uznawanego często za trudny i nieprzystępny. Obecne pokolenie studentów pierwszego roku, urodzonych w latach 2002-2004 wychowane zostało w erze cyfrowej, co znacząco wpływa na jego zachowania, wartości i styl życia. Pokolenie Z, bo o nim mowa, charakteryzuje się stałą potrzebą bycia online, wysoką świadomością technologiczną, dążeniem do personalizacji, elastycznością oraz praktycznym podejściem do życia.

2. ANKIETY I ANALIZA

Pierwsze pytanie, które pojawiło się w ankiecie dotyczyło podania jednego słowa kojarzącego się z innowacyjnym nauczaniem.

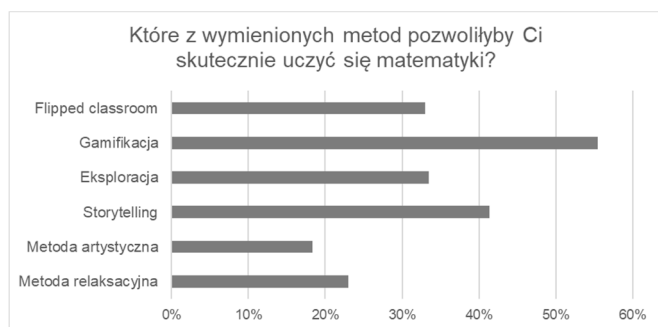


Rys. 1. Chmura słów ze skojarzeniem do słowa innowacyjność

Na rysunku 1 przedstawiono chmurę myśli, zawierającą skojarzenia studentów ze słowem „innowacyjność”. 8,5% studentów wybrało słowo „technologia”, 6,5% wskazało na „nowoczesność”, 5,5% na „internet”, 4% wybrało „interaktywność” i „kreatywność”, a 3% słowo „online”. Na pozostałych miejscach znalazły się słowa „cyfryzacja”, „elektronika”, „postęp”, „e-nauczanie”. Różne skojarzenia studentów ze słowem innowacyjne nauczanie wynika przede wszystkim z ich indywidualnych doświadczeń, oczekiwań, preferencji oraz stopnia zaawansowania technologicznego. Wszystkie te słowa obracają się w przestrzeni słowa technologia. Dzięki technologii możliwe jest korzystanie z różnych form przekazywania wiedzy, takich jak wideo, animacje, interaktywne quizy, gry edukacyjne czy wirtualne laboratoria. To zróżnicowanie pozwala na lepsze dopasowanie metody nauczania do różnych stylów uczenia się. Technologia w nauczaniu ma ogromny potencjał, aby wspierać osoby z niepełnosprawnościami, ułatwiając im dostęp do edukacji i tworząc bardziej przyjazne otoczenie pracy. Globalne trendy w edukacji kładą coraz większy nacisk na tzw. STEM (nauka, technologia, inżynieria i matematyka) oraz na rozwój kompetencji cyfrowych. Wzrost znaczenia tych dziedzin w programach nauczania sprawia, że innowacyjne podejście do nauki jest coraz bardziej zdominowane przez technologie.

Kolejnym pytaniem zadaniem w ankiecie było: Które z wymienionych metod pozwoliłyby Ci skutecznie uczyć się matematyki?

- Metoda flipped classroom (klasa odwrócona) – uczniowie zdobywają wiedzę teoretyczną w domu, a na lekcjach skupiają się na praktycznych ćwiczeniach i rozwiązywaniu problemów.
- Metoda gamifikacji – wykorzystanie elementów gier, takich jak punkty, poziomy czy osiągnięcia, w motywowaniu uczniów do nauki matematyki.
- Metoda eksploracji – uczniowie samodzielnie odkrywają zasady matematyczne poprzez badanie różnych przypadków i sytuacji.
- Metoda storytellingu – opowiadanie historii związanych z matematyką, które pomagają uczniom zrozumieć zasady i zastosowanie matematyki w życiu codziennym.
- Metoda artystyczna – wykorzystanie sztuki, np. rysunku czy muzyki, do przedstawienia zagadnień matematycznych w sposób bardziej przystępny dla uczniów.
- Metoda relaksacyjna – łączenie nauki matematyki z technikami relaksacyjnymi, takimi jak medytacja czy joga, co może pomóc uczniom w skupieniu się na nauce.



Rys. 2. Metody, które pozwoliłyby studentom skutecznie uczyć się matematyki

Na rysunku 2 przedstawiono otrzymane wyniki. Pytanie było pytaniem wielokrotnego wyboru. Najbardziej pożądaną metodą prowadzenia zajęć w innowacyjny sposób jest metoda gamifikacji, inaczej grywalizacji. Wybór studentów nie dziwi. Pokolenie Z dorastało w erze gier komputerowych i aplikacji mobilnych, gdzie elementy takie jak punkty, poziomy, nagrody i rywalizacja są integralną częścią doświadczenia użytkownika. Gamifikacja w nauczaniu [1] wykorzystuje te same mechanizmy, motywuje uczniów do zaangażowania się w proces nauki poprzez tworzenie gier edukacyjnych, quizów interaktywnych czy wyzwań. Przykładem dobrych praktyk w temacie grywalizacji zajęć z matematyki może być „Kolos z Algebronu” stworzony przez pracowników Centrum Matematyki i Centrum Nowoczesnej Edukacji Politechniki Gdańskiej [2].

Kolejnym wyborem studentów jest metoda storytellingu. Storytelling pozwala na umieszczenie abstrakcyjnych pojęć matematycznych w realistycznym kontekście, co pomaga uczniom zrozumieć, dlaczego te pojęcia są istotne i jak mogą być stosowane w praktyce. Każdy, kto czytał dobrą książkę, komiks wie jak wielką moc ma dobra historia. Przykładowo przedstawienie pojęć z rachunku różniczkowego funkcji dwóch zmiennych w formie historii, gdzie każdy student wcieli się w rolę podróżnika pomoże lepiej zrozumieć pojęcia pochodnej cząstkowej, gradientu czy ekstremów.

Storytelling nie jest łatwą metodą nauczania matematyki. Opowiadanie historii wymaga pewnych umiejętności narracyjnych, budowania napięcia, kreowania postaci. Istnieje ryzyko, że opowiadanie historii może odwrócić uwagę uczniów od głównego celu nauczania, czyli przekazania konkretnych pojęć matematycznych.

Doskonałym przykładem wplecenia matematyki w powieść science fiction jest „Flatlandia” napisana przez Edwina A. Abbotta w 1884 roku. Książka ta stanowi satyrę na społeczeństwo wiktoriańskie, a jednocześnie jest głęboką eksploracją idei wymiarów przestrzennych. Narratorem powieści jest Kwadrat, który opisuje swoje życie i strukturę społeczną Flatlandii. Podczas swoich przygód, Kwadrat spotyka Sferę, trójwymiarową istotę z krainy o nazwie Spacelandia (trójwymiarowy świat). Sfera wprowadza Kwadrat do idei trzeciego wymiaru, co prowadzi do wielu naukowych refleksji na temat wymiarów.

Brak jest artykułów dotyczących nauczania matematyki za pomocą storytellingu na uczelniach wyższych. Jednakże nauczycielom akademickim prowadzącym zajęcia w języku angielskim może pomóc dość liczna baza podręczników z matematyki, gdzie pojęcia przedstawione są za pomocą historii w postaci rysunkowej [3].

Na kolejnym miejscu znajduje się metoda odwróconej klasy oraz metoda eksploracji. Metoda odwróconej klasy [4, 5] odwraca rolę wykładowcy i studenta w procesie nauczania. W tradycyjnym modelu nauczania wykładowca przekazuje wiedzę podczas zajęć, a studenci analizują i utrwalają przedstawione pojęcia w domu. Metoda flipped classroom zakłada, że studenci przed wykładem zapoznają się z teorią, która przedstawiona jest w bardzo innowacyjny sposób: np. w formie wideo, prezentacji czy prostej gry. Materiały są dostępne cały czas na platformie edukacyjnej i każdy może uczyć się we własnym tempie. Studenci mogą przeglądać zasoby wielokrotnie, co jest szczególnie korzystne dla tych, którzy potrzebują więcej czasu na zrozumienie skomplikowanych zagadnień. Wykładowca ma możliwość zweryfikowania jakie pojęcia sprawiają studentom trudność. W tym celu można wykorzystać ankiety, quizy. Zamiast tradycyjnego wykładu, zajęcia są poświęcone na aktywne uczenie się, takie jak dyskusje, rozwiązywanie problemów, zastosowanie omawianych pojęć. Wykładowca w całym procesie pełni rolę mentora, oferuje danej grupie studentów indywidualne wsparcie. Interaktywne zajęcia promują współpracę i rozwijają umiejętności krytycznego myślenia. Mimo, że wśród studentów Politechniki Gdańskiej metoda odwróconej klasy zajmuje dopiero trzecie miejsce, dla nas, wykładowczyń z ponad 15-letnim stażem w nauczaniu matematyki, jest to numer jeden. Elastyczność czasowa, indywidualne wsparcie, w zależności od grupy, a co najważniejsze zwiększenie liczby godzin kontaktu z matematyką. Nakład pracy ze strony nauczyciela jest bardzo duży, jednakże nagrane wideo może być wykorzystane w przyszłych latach.

Metoda eksploracji kładzie duży nacisk na rozwijanie umiejętności rozwiązywania problemów, które są kluczowe w matematyce. Zamiast pasywnego przyswajania teorii, studenci stosują pojęcia w praktyce, rozwiązując konkretne problemy. Umożliwia to lepsze zrozumienie i utrwalenie wiedzy. Jednak przy obecnie okrojonej liczbie godzin matematyki, znalezienie czasu na pogłębianie problemów praktycznych wymaga połączenia tej metody z metodą odwróconej klasy. Pozwoliłoby to studentom na zapoznanie się z teorią w domu, natomiast już podczas ćwiczeń mogą oni pracować samodzielnie lub w grupach nad rozwiązywaniem

przygotowanych wcześniej problemów. Nauczyciel pełni rolę przewodnika, odpowiada na pytania, daje wskazówki i pomaga w trudniejszych momentach, ale nie podaje gotowych rozwiązań. Możemy wykorzystać także oprogramowanie do grafiki komputerowej, aby studenci mogli tworzyć wizualizacje skomplikowanych struktur matematycznych, takich jak powierzchnie 3D, wykresy wielowymiarowe.

Jako kolejną innowacyjną metodę nauczania matematyki studenci wybrali metodę relaksacyjną. Dla nauczyciela akademickiego, który nigdy nie miał do czynienia z technikami relaksacyjnymi jest to duże wyzwanie. Na platformie YouTube znajdziemy filmy instruktażowe, które obejmują różnorodne techniki relaksacyjne, takie jak medytacja, ćwiczenia oddechowe, techniki uważności (mindfulness) czy proste ćwiczenia fizyczne mające na celu rozluźnienie mięśni i redukcję stresu. Poniżej przedstawiamy tylko kilka technik, które mogą być wykorzystane podczas zajęć:

- medytacja prowadzona - nauczyciel prowadzi studentów przez medytację, skupiając się na oddechu, wizualizacji lub konkretnym celu, takim jak relaksacja czy koncentracja. Można to zrobić na początku zajęć, aby uspokoić umysły i przygotować studentów do nauki.
- ćwiczenia oddechowe - głębokie oddychanie z wykorzystaniem przepony, które pomaga w natychmiastowej redukcji stresu. Polega na powolnym wdechu przez nos, zatrzymaniu powietrza na chwilę, a następnie wolnym wydechu przez usta. Metoda ta jest szczególnie pomocna przed kolokwium lub egzaminem.
- wizualizacja - technika, w której studenci są proszeni o zamknięcie oczu i wyobrażenie sobie spokojnego, relaksującego miejsca, jak plaża czy las. Pomaga to w odprężeniu i redukcji stresu.
- muzyka relaksacyjna - cicha muzyka relaksacyjna lub dźwięki natury mogą być odtwarzane w tle podczas pracy w grupach lub podczas ciszy na zajęciach, co sprzyja koncentracji i relaksacji.
- mindfulness - praktyka polegająca na rozwijaniu umiejętności uważności, czyli pełnego skupienia na chwili obecnej, z jednoczesnym przyjmowaniem tej chwili bez oceniania. Jest to technika, która pomaga uczniom lepiej radzić sobie ze stresem, poprawiać koncentrację oraz rozwijać zdrowe nawyki emocjonalne i poznawcze. Korzyści oraz cenne wskazówki zostały przedstawione w [6].

Najmniejszą popularnością wśród studentów Politechniki Gdańskiej cieszy się metoda artystyczna. Realizacja może nastąpić poprzez tworzenia rysunków, diagramów, map myśli, infografik, które ilustrują pojęcia matematyczne oraz ich zastosowanie.

Ostatnie pytanie w ankiecie było pytaniem otwartym: Jak Twoim zdaniem powinny wyglądać innowacyjne zajęcia z matematyki na studiach wyższych? Poniżej przedstawiono kilka opinii studentów:

- „Innowacyjne zajęcia z matematyki na studiach wyższych powinny integrować interaktywne narzędzia cyfrowe, takie jak symulacje i aplikacje do wizualizacji, aby ułatwić zrozumienie abstrakcyjnych pojęć. Powinny również promować współpracę i projekty zespołowe, które łączą teorię z praktycznymi zastosowaniami w różnych dziedzinach. Dodatkowo, personalizowane podejście do nauczania, uwzględniające indywidualne tempo i styl uczenia się studentów, mogłoby znacząco zwiększyć efektywność nauki.”

- „Trudno chyba w przypadku matematyki oczekiwać fajerwerków, ciekawostek, nie wszystko będzie miało przełożenie na "prawdziwy świat", więc pozostaje głównie cierpliwość do tych, którzy nie wszystko łapią w lot, być może elektroniczna tablica, której zawartość można eksportować, trudno chyba coś więcej wymyślić - zabawa w teatrzyk czy safari chyba tu wiele nie wniesie.”
- „Moim zdaniem najbardziej sprawdzoną obecnie i najbardziej efektywną jest metoda flipped classroom, aczkolwiek zdaje sobie sprawę, że aby doszło do wprowadzenia tej metody na większą skalę, powinno dojść do rekonstruowania planu zajęć i dostosowaniu go do danej metody.”

W wypowiedziach otwartych innowacyjne metody nauczania matematyki to dla studentów przede wszystkim integracja narzędzi cyfrowych, promowanie współpracy, personalizacja nauki. W tradycyjnym modelu nauczania matematyki (wykład i ćwiczenia) bardzo ciężko jest spełnić wymagania studentów. Na wykładzie mamy możliwość ilustrowania pojęć za pomocą aplikacji takich jak Geogebra czy Matlab. Na ćwiczeniach można zaproponować rozwiązywanie zadań w grupach. Współpraca w grupach to kluczowy element nowoczesnego nauczania, który rozwija umiejętności społeczne, organizacyjne i intelektualne studentów. Skuteczne dobieranie studentów do pracy w grupach może znacząco wpłynąć na efektywność nauki i jakość wykonania projektów. Jednak poznanie 25-osobowej grupy studentów wymaga czasu od nauczyciela. W tym celu warto wdrożyć krótkie testy sprawdzające po wykładzie umieszczone na platformie elearningowej.

Personalizacja nauczania polega na dostosowaniu tempa i metod nauki do indywidualnych potrzeb studentów. W kontekście matematyki oznacza to umożliwienie uczniom nauki w ich własnym tempie, dostosowanie materiałów dydaktycznych do ich poziomu umiejętności i preferencji oraz zapewnienie wsparcia tam, gdzie jest to potrzebne. Metoda odwróconej klasy doskonale wpisuje się w personalizację nauczania, ponieważ umożliwia uczniom dostęp do różnych materiałów edukacyjnych dostosowanych do ich potrzeb, które odpowiadają różnym poziomom trudności i stylom uczenia się. Przygotowując zajęcia warto również wziąć pod uwagę zainteresowania studentów i dostosować je tak, by były dla wszystkich atrakcyjne i angażujące.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Analiza opinii studentów i wykładowców wskazuje, że metoda odwróconej klasy (flipped classroom) jest postrzegana jako najbardziej innowacyjna metoda nauczania, która skutecznie łączy wymagania obu grup.

Dla studentów, metoda ta oferuje elastyczność w nauce, pozwalając na przyswajanie materiału w indywidualnym tempie i dostosowanie go do osobistych stylów uczenia się. Dzięki temu studenci mogą lepiej zrozumieć trudne koncepcje matematyczne, korzystając z różnorodnych zasobów, takich jak wideo, interaktywne aplikacje czy materiały online. Czas spędzony na zajęciach jest natomiast wykorzystywany na aktywne rozwiązywanie problemów, co sprzyja głębszemu przyswajaniu wiedzy i umożliwia bezpośrednie wsparcie ze strony nauczyciela.

Wykładowcy doceniają metodę odwróconej klasy za jej zdolność do zwiększenia zaangażowania uczniów i efektywności nauczania. Dzięki tej metodzie mają możliwość lepszego monitorowania postępów studentów

i dostosowywania strategii dydaktycznych do ich indywidualnych potrzeb. Czas przeznaczony na zajęcia może być efektywnie wykorzystany na interaktywne ćwiczenia i indywidualne konsultacje, co sprzyja bardziej zindywidualizowanemu podejściu do nauczania.

Metoda ta staje się coraz bardziej popularnym wyborem w nowoczesnych programach nauczania matematyki, odpowiadając na rosnące potrzeby edukacyjne i technologiczne.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Rodwald P.: Gamifikacja w edukacji akademickiej–co na to studenci? *Edukacja-Technika-Informatyka* 10 (3), 2019, s. 173-180.
2. Grywalizacja na Politechnice Gdańskiej, <https://grywalizacja.pg.edu.pl/>, data dostępu 20.08.2024.
3. Gonick L.: *The Cartoon Guide to Calculus* (Cartoon Guide Series), 2012.
4. Cevikbas M., Kaiser G.: Flipped classroom as a reform-oriented approach to teaching mathematics. *ZDM Mathematics Education* 52, 2020, s. 1291–1305.
5. Fernández-Martín F.D., Romero-Rodríguez J.M, Gómez-García G., MRamos Navas-Parejo M.: Impact of the Flipped Classroom Method in the Mathematical Area: A Systematic Review, *Mathematics*, 8 (12), 2020.
6. Goretzki M., Zysk A.: Using Mindfulness Techniques to Improve Student Wellbeing and Academic Performance for University Students: A Pilot Study, *Journal of the Australian and New Zealand Student Services Association*, 25 (1), 2017.

INNOVATIVE TEACHING OF MATHEMATICS BASED ON OBSERVATIONS OF STUDENTS AND ACADEMIC TEACHERS

The modern approach to teaching mathematics at technical universities demands the use of innovative methods that empower students to effectively grasp the material. Generation Z, growing up in the digital age, expects interactive, diverse, and engaging forms of learning. This article aims to present the perspectives of students from Gdask University of Technology and academic teachers on innovative approaches to mathematics education. The analysis provided offers valuable insights for academic institutions seeking to enhance the quality of mathematical instruction and better prepare students for professional challenges in technical fields.

Keywords: e-learning, Generation Z, mathematics, flipped classroom.

O INTERAKCJACH NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII INFORMACYJNYCH Z NAUCZANIEM MATEMATYKI I STATYSTYKI

Andrzej GINIEWICZ

Wydział Matematyki, Politechnika Wrocławska
e-mail: andrzej.giniewicz@pwr.edu.pl

Streszczenie: Pomiedzy nauczaniem technologii informacyjnych a matematyki istnieje wiele możliwych interakcji. Przedstawione zostaną doświadczenia autora z procesu projektowania oraz wdrażania nowych kursów informatycznych na pierwszych semestrach kierunków matematycznych na Politechnice Wrocławskiej, oraz plany pogłębiania ich integracji w programie studiów. Opisane zostanie również, jak analiza profilu absolwenta oraz potrzeb na kursach matematycznych i statystycznych wpłynęła na kształt przedmiotów informatycznych, oraz jak te wpływają na pozostałe przedmioty, tworząc nieoczekiwane interakcje.

Słowa kluczowe: technologie informacyjne, nauczanie matematyki, nauczanie statystyki, interakcje.

1. WPROWADZENIE

Niniejszy artykuł przedstawia doświadczenia autora z procesu projektowania oraz wdrażania nowych kursów informatycznych na pierwszych semestrach kierunków matematycznych na Politechnice Wrocławskiej. Przedstawione na kolejnych stronach rozważania dotyczą głównie studentów Wydziału Matematyki Politechniki Wrocławskiej, aczkolwiek sam sposób włączania technologii informacyjnych do programów innych kursów może być zastosowany z powodzeniem na innych kierunkach. Niemniej jednak w niniejszym artykule nie podjęto próby uogólnienia metody bądź wykroczenia poza ramy, w których autor poruszał się, projektując kształt programu kursu z technologii informacyjnych. Z tego powodu przedstawiony w drugiej sekcji profil studenta i absolwenta jest istotny w kontekście metod projektowania opisanych w sekcji trzeciej. Artykuł kończy się przedstawieniem kształtu konkretnego kursu oraz metod dydaktycznych, za pomocą jakich jest realizowany.

2. TYPOWY PROFIL STUDENTA I ABSOLWENTA

Wydział Matematyki Politechniki Wrocławskiej rekrutuje obecnie na trzy kierunki pierwszego stopnia: *Matematykę*, *Matematykę i Analizę Danych* oraz *Matematykę Stosowaną*, i dwa kierunki drugiego stopnia: *Matematykę* oraz *Applied Mathematics* [1]. Wszystkie trzy kierunki pierwszego stopnia są kierunkami inżynierskimi, typowy student jest więc przyszłym matematykiem-inżynierem. Większość absolwentów wspomnianych kierunków w swojej pracy zawodowej oscyluje pomiędzy matematyką a inżynierią oprogramowania, niemal zawsze korzystając z technologii informacyjnych w mniejszym lub większym stopniu. Bardzo popularne miejsca pracy to banki i instytucje finansowe oraz start-upy technologiczne, w których absolwenci pracują na

stanowiskach analityków danych, data scientist lub jako inżynierowie danych. Mniejsza grupa pozostaje bliżej matematyki, ucząc w szkołach, kontynuując naukę na studiach doktoranckich lub wybierając karierę związaną z modelowaniem matematycznym i współpracą z medycyną oraz przemysłem. Istnieje również grupa osób przekwalifikowujących się po studiach i odchodzących od matematyki w stronę inżynierii oprogramowania, tworzenia aplikacji w chmurze, stron internetowych lub dedykowanych rozwiązań informatycznych.

Studenci przychodzący na pierwszy semestr często nie wiążą swojej przyszłej kariery z programowaniem lub szerszej pojętymi technologiami informacyjnymi. Po szkole średniej ich doświadczenia są bardzo zróżnicowane, w szczególności istnieje bardzo duża wariancja wcześniejszych umiejętności informatycznych u kandydatów. Niektóre osoby miały styczność z dwoma językami programowania w szkole, na przykład z C++ oraz Pythonem, podczas gdy inni ostatni raz programowali w narzędziu Scratch w szkole podstawowej, jeśli w ogóle. Obserwujemy również duże zróżnicowanie poziomu alfabetyzmu cyfrowego, w szczególności dotyczącego dobrych praktyk zarządzania plikami, bezpieczeństwem w sieci oraz codziennego korzystania z komputera.

Warto podkreślić, że są to studenci kierunków matematycznych, zatem chcą w przyszłości zostać matematykami, a nie informatykami, wobec czego przedmioty informatyczne mogą traktować drugorzędnie w odróżnieniu od głównych matematycznych przedmiotów na kierunku. Często nie zdają sobie sprawy z przydatności technologii informacyjnych w pracy matematyka. Dużym wyzwaniem jest wobec powyższych różnorodność potrzeb studentów, poziomu ich motywacji oraz wyobrażeń, jak może wyglądać ich przyszłość jako matematyków.

Dokonanie wyboru konkretnych narzędzi jest dodatkowo utrudnione, ze względu na różnorodność ról, jakie pełnią absolwenci kierunków. Aby podział ten uporządkować, traktujemy zakres możliwych ról jako spektrum pomiędzy matematyką a inżynierią oprogramowania i wydzielając na tym spektrum siedem istotnie różnych typów karier, z jakimi mogą się spotkać absolwenci. Do każdej z wymienionych siedmiu ról przyporządkowujemy trzy poziomy zaawansowania – praktyka, metodologa oraz wynalazcę – praktyk wykorzystuje istniejące i obowiązujące w firmie metody do wykonania swojej pracy, metodolog wybiera i dostosowuje istniejące metody, jakimi firma będzie się posługiwać, natomiast wynalazca tworzy zupełnie nowe metody. Przy takim

podziale, można przyporządkować większość popularnych nazw stanowisk funkcjonujących w firmach, na podstawie obecnych na stronach agregujących oferty pracy dla matematyków ofert. Siedem wspomnianych ról, odpowiednich dla absolwentów analizowanych kierunków, to:

1. *matematyk*, w tym nauczyciele, wykładowcy, naukowcy, konsultanci wdrażający w firmach konkretne rozwiązania;
2. *matematyk stosowany*, w tym specjaliści od modeli opartych o równania różniczkowe oraz procesy stochastyczne;
3. *analityk danych*, w tym również analitycy biznesowi, statystycy;
4. *data scientist*, w tym specjaliści od uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji,
5. *inżynier danych*, w tym osoby zarządzające pipeline'ami danych, twórcy infrastruktury big-data, wdrażający modele opracowane przez innych,
6. *inżynier infrastruktury*, dbający o działanie infrastruktury w firmie, bazy danych, serwery oraz chmurę obliczeniową, również specjaliści DevOps,
7. *inżynier oprogramowania*, w tym osoby zajmujące się wydajną implementacją narzędzi zaprojektowanych przez innych.

Przykładowe narzędzia, które można przyporządkować do każdej z ról, to:

1. dla matematyków – pakiet matematyczny symboliczny, np. Sage, Mathematica, Maple,
2. dla matematyków stosowanych – pakiet matematyczny numeryczny, np. Julia, Matlab, Octave,
3. dla analityków danych – pakiet statystyczny, np. R, SPSS, SAS,
4. dla data scientist – język programowania interpretowany, np. Python,
5. dla inżyniera danych – język programowania kompilowany na wirtualną maszynę, np. Scala, Elixir,
6. dla inżyniera infrastruktury – język programowania kompilowany do kodu maszynowego, z odświeżaniem pamięci, np. Go, Ocaml,
7. dla inżyniera oprogramowania – język programowania kompilowany do kodu maszynowego, bez odświeżania pamięci, np. Rust.

Każda kolejna grupa narzędzi informatycznych oddaje nieco kontroli użytkownikowi, powodując, że używanie narzędzia staje się trudniejsze, ale narzędzie jako takie, staje się bardziej ogólne lub wydajniejsze. Nie sposób zawrzeć wszystkich wymienionych narzędzi w jednym kursie. Opisy ról mogą służyć jedynie jako informacja o przeciętnych absolwentach oraz drogowskaz, z którego można skorzystać, projektując kursy na pierwszych semestrach.

3. POSZUKIWANIE INTERAKCJI JAKO GŁÓWNY MOTYW PROJEKTOWANIA KURSÓW Z TECHNOLOGII INFORMACYJNYCH

Główny motyw, który przyświecał procesowi projektowania kursu z technologii informatycznych, to poszukiwanie możliwych interakcji pomiędzy kursami matematycznymi a informatycznymi. W kontekście projektowania kursu interakcją pomiędzy przedmiotami nazywać będziemy sytuację, w której oprócz bezpośrednich korzyści z powiązania programów kursów, uzyskujemy dodatkowe profity w zakresie umożliwienia skuteczniejszego uczenia się [2] oraz dodatkowej motywacji [3].

Poszukiwanie interakcji można rozpocząć od zebrania potencjalnych wymagań, które prowadzący kursy matematyczne mogliby stawiać przed studentami, aby móc zacząć wykorzystywać narzędzia informatyczne na zajęciach. Przykładowe zapotrzebowania na pierwszych semestrach mogą wyglądać następująco:

- *Analiza Matematyczna* – rysowanie wykresów funkcji, sprawdzanie obliczeń granic i pochodnych;
- *Algebra* – wizualizacja macierzy obrotu, pierwiastków liczb zespolonych;
- *Matematyka Dyskretna* – rekurencyjne wyliczanie niektórych zadań w przypadku zbyt dużych danych do policzenia przykładu na kartce;
- *Statystyka stosowana* – rysowanie podstawowych wykresów statystycznych, wczytywanie danych tabelarycznych i ich analiza opisowa.

Jeśli studenci opanują te umiejętności, mogą na kursach matematycznych sprawdzić swoje rozwiązania, zobaczyć wykresy, które może być im sobie trudno wyobrazić, wykonać obliczenia, których z powodu złożoności obliczeniowej nie mieliby praktycznej możliwości wykonać na kartce. Efektywnie, na kursach tych można zrealizować trudniejsze zadania i więcej materiału. Bezpośrednią korzyścią dla kursu z technologii informatycznych, jest lepsze przećwiczenie materiału, ponieważ studenci używają narzędzi informatycznych na większej liczbie przedmiotów, mając więcej możliwości do dodatkowego ich poćwiczenia. Kluczową interakcją w tym przypadku jest zastrzyk motywacji – synchronizacja materiału nawet dwóch przedmiotów i nawet w niewielkim stopniu, przykładowo jedna wspólna lista zadań, daje studentom odpowiedź na pytanie „po co się tego muszę uczyć?”. Student przychodzący na matematykę, często mający początkową awersję do kursów informatycznych, bardzo szybko widzi przydatność narzędzia informatycznego w tym, po co przyszedł na wybrany kierunek. Aby interakcja ta była możliwa, kurs musi szybko, w ciągu 5–7 tygodni, czyli w pierwszej połowie semestru, wyposażyć studentów w narzędzia pozwalające na wykonywanie wykresów, obliczenia numeryczne i symboliczne. Ze względu na ograniczenia czasowe, musi być to narzędzie, które ma na tyle niski próg wejścia, aby pozwolić na realizację materiału w tak krótkim czasie. Jeśli studenci uzyskają te narzędzia później, nie zdążą z nich skorzystać na innych przedmiotach, lub dodatkowa motywacja dla kursu z technologii informatycznych pojawi się zbyt późno.

Wymóg niskiego progu wejścia współgra z obserwacją tego, że studenci mają dużą wariację umiejętności informatycznych na wejściu. Narzuca to wykorzystanie środowiska, w którym student czuje się możliwie najmniej obco, przykładowo pozwalającego na pracę przez przeglądarkę. Najlepiej, jeśli narzędzia będą ogólnodostępne lub udostępniane studentom przez uczelnię, aby mogli bez trudu zainstalować je na swoich komputerach. Dodatkowo powinny być dostępne na wszystkie popularne systemy operacyjne, aby student nie musiał przeinstalowywać systemu operacyjnego, tylko aby móc korzystać z narzędzi wybranych na zajęcia. Chcemy, aby interfejs użytkownika minimalizował liczbę kroków potrzebnych pomiędzy wywołaniem kodu a zobaczeniem wyników, dodatkowo pozwalał na łączenie tekstu, wzorów oraz kodu. Rodzajem środowisk, które spełniają te wymogi, są interfejsy użytkownika typu notatnik, które realizują ideę programowania piśmiennego. Interfejsy typu notatnik

rozwijają się od końcówki lat 80-tych XX wieku [4]. Obecnie do popularnych narzędzi udostępniających interfejs typu notatnik należą między innymi pakiety matematyczne Mathematica, Maple i Sage, oraz dzięki projektowi Jupyter Notebook, języki Julia, Python i R. Aby dokonać wyboru pomiędzy wymienionymi narzędziami, ponownie wzięte pod uwagę zostały interakcje. Spośród wszystkich wymienionych narzędzi najlepiej wybrać te, które pojawi się na największej liczbie kursów specjalistycznych w późniejszych semestrach. Zakładamy też, że wybór narzędzi na kursach specjalistycznych podyktowany jest adekwatnością narzędzia do rozwiązywania danego problemu, a zatem zwykle powinien być odzwierciedlony w popularności narzędzia w firmach, do których trafiają absolwenci. Popularność narzędzi w branży informatycznej oraz związanej z analizą danych można sprawdzić przykładowo w corocznej ankiecie na platformie StackOverflow [5]. W przypadku projektowania kursu dla przyszłych matematyków na Politechnice Wrocławskiej wybór padł na język Python.

Wykorzystanie języka programowania lub pakietu matematycznego na kursie z technologii informacyjnych zrywa z częstym obrazem tego przedmiotu jako nauki pakietu biurowego. Należy jednak pamiętać, aby nie zmienić tego przedmiotu wyłącznie w naukę programowania lub kurs z pakietów matematycznych. Głównym celem istnienia kursu z technologii informacyjnych jest zapewnienie wszystkim studentom dostępu do narzędzi, z których będą mogli korzystać podczas całego toku studiów oraz w pracy. Częstym zapotrzebowaniem wśród prowadzących późniejsze kursy specjalistyczne, ale też wśród pracodawców, jest ćwiczenie umiejętności pracy w grupie. Aby sprostać takim wymaganiom, można wprowadzić system kontroli wersji Git oraz lekkie narzędzia do zarządzania projektami. Przy okazji wprowadzania programu Git, można również usystematyzować wiedzę z podstaw systemów operacyjnych, ucząc studentów o powłokach tekstowych, na przykład BASH lub NuShell, pojęciach systemów plików, procesów oraz przekierowania strumieni. Całość można zakończyć za pomocą informacji o bezpiecznych sposobach na pracę na zdalnej maszynie, na przykład za pomocą protokołu SSH. Dzięki takiemu przygotowaniu studenci są w stanie szybciej i efektywniej pracować w grupie za pomocą narzędzi informatycznych oraz zdalnie pracować na innym komputerze, aby na przykład wykonać obliczenia w chmurze lub w centrum superkomputerowym. Jako dodatkowy element pozwalający możliwie szybko zebrać profity z pracy w grupie, można wdrożyć podstawy typografii cyfrowej, na przykład w systemie LaTeX, aby studenci mogli przygotować raport dotyczący efektów swojej pracy. Jest to również okazja do rozmowy na temat alfabetyzmu naukowego, konieczności podpierania swoich wywodów cytowaniami, doboru źródeł, budowania bibliografii oraz bazy wiedzy. Dzięki temu prowadzący inne przedmioty mogą szybciej oczekiwać od studentów pracy ze źródłami, pracy w grupie oraz poprawnego i starannego składu raportów.

Aby poprawić motywację oraz uatrakcyjnić kurs, można dodać kilka tematów „modnych”. Przykładami takich tematów są technologie takie jak Blockchain lub duże modele językowe. To, w jaki sposób tematy te zostały wykorzystane w programie kursu z technologii informacyjnych na Politechnice Wrocławskiej, to zachęta do wyboru konkretnych kursów wybieralnych – w przypadku technologii Blockchain do wyboru kursu z kryptografii, natomiast w przypadku dużych modeli językowych do wybrania kursu z uczenia maszynowego. W obu przypadkach pozwala to

pokazać studentom, że technologie informacyjne nie skończyły się na technologii sprzed trzydziestu lat. Dodatkowo umożliwiamy zobaczenie związków pomiędzy narzędziami informatycznymi a matematyką.

4. KURS Z TECHNOLOGII INFORMACYJNYCH W PRAKTYCE

Osoba realizująca lub projektująca kursy informatyczne, czytająca opis technologii umieszczonych w jednym kursie może odnieść wrażenie przeciążenia materiałem, jednakże implementując kurs według tych pomysłów, należy pamiętać, że to przedmiot w dużej mierze przeglądowy i praktyczny. Pomimo uczenia języka Python, program jest mocno okrojony, skupia się na przedstawieniu tych elementów języka, które są potrzebne do wykonania wykresów i obliczeń symbolicznych, bez wchodzenia w detale, które przedstawione są dopiero na kursie z programowania. Studenci też nie będą gotowi do samodzielnego składu tekstów naukowych lub pracy dyplomowej w systemie LaTeX, czego mają okazję nauczyć się na kolejnym osobnym kursie. Przedmiot ten nie ma na celu pójść w głąb z żadnym z tematów, tylko nauczyć podstawowego używania najważniejszych narzędzi. Przykładowa realizacja kursu może być podzielona na cztery bloki:

1. Python od zera do wykresów – 7 tygodni:
 - Python jako kalkulator, środowisko Jupyter, język Markdown, skład najprostszych wzorów w LaTeX;
 - Napisy i operacje na napisach, operacje wejścia/wyjścia;
 - Wbudowane struktury danych, struktury składane;
 - Funkcje i instrukcje sterujące, interaktywne interfejsy w Notebook;
 - NumPy/SymPy/Matplotlib – od tego momentu studenci mają możliwość wykonywania obliczeń numerycznych, symbolicznych oraz wykresów matematycznych i statystycznych;
 - Wyjątki i testowanie oraz debugowanie kodu;
 - Obsługa plików, biblioteka Pandas i dane tabelaryczne;
2. Terminal i git – 3 tygodnie:
 - Praca z terminala (BASH), podstawy systemów operacyjnych, SSH;
 - Procesy i zmienne środowiskowe, skrypty BASH i Python;
 - System kontroli wersji git.
3. LaTeX i alfabetyzm naukowy – 3 tygodnie:
 - Wprowadzenie do typografii cyfrowej, podstawy systemu LaTeX oraz więcej o wzorach matematycznych;
 - Skład ilustracji, materiałów pomocniczych i bibliografii, prezentacje, automatyczne generowanie raportów z Pythona;
 - Cytowania, plagiaty i parafraza, jak działają czasopisma naukowe, czemu artykuł naukowy jest lepszym cytowaniem niż Wikipedia, co to liczba cytowań, Impact Factor i indeks Hirscha – demonstracja menadżera bibliografii (Zotero), integracja z narzędziami sztucznej inteligencji budującymi graf powiązań pomiędzy pozycjami literatury (Research Rabbit) i wyszukiwarkami w bazach naukowych i patentów (Lens).

4. Nowe technologie – 2 tygodnie:

- Blockchain – wykład nie tylko o kryptowalutach, ale o pojęciu własności cyfrowych dóbr, o kontraktach i rozproszonym programowaniu na blockchain, o opłacalności i bezpieczeństwie tych systemów, o aspektach ekologicznych;
- Duże modele językowe – wykład o tym, czym są, i czym nie są modele językowe, na co trzeba uważać oraz pobieżnie jak działa architektura transformerów.

Opisany powyżej program kursu wydaje się napięty, choć jest obecnie z powodzeniem realizowany na pierwszym semestrze dwóch spośród trzech kierunków pierwszego stopnia oraz w nieco zmienionej formie na drugim semestrze trzeciego.

Piętnaście tygodni to mało czasu na wszystkie tematy, ale łatwiej je zrealizować, jeśli zadbamy o ich zazębianie i wracanie do wcześniejszych bloków, przykładowo w obecnym programie z technologii informacyjnych:

- LaTeX jest dodatkowo na zajęciach z Jupyter Notebooka, studenci wcześniej uczą się pisać wzory,
- git jest używany w zadaniu domowym z systemu LaTeX, więc jest ćwiczony na dużym projekcie –cały rocznik pracuje na jednym repozytorium, więc muszą się nauczyć rozwiązywać konflikty,
- Python jest wykorzystywany na zajęciach z terminala (do tworzenia skryptów) i systemu LaTeX (do automatycznego generowania raportów wykorzystujących uruchamiające się fragmenty kodu Pythona),
- przy dużych modelach językowych, jest okazja do powrotu do rozmowy o plagiatach i parafrazie.

Całość realizowana jest w formie odwróconej klasy, w której studenci dostają kompletne notatki kilka dni przed wykładem, zwykle kilkanaście stron. Co tydzień jest kartkówka z obecnego materiału, zawierająca kilka pytań testowych sprawdzających jego znajomość. Każdy wykład zaczyna się sesją pytań i odpowiedzi do materiału, po czym odbywa się kartkówka, omówienie jej wyników i sprostowanie potencjalnie źle zrozumianych elementów wykładu. Większość zajęć zajmuje pogłębiona dyskusja na

temat zagadnienia. Łącznie studenci mają styczność z każdym z tematów przynajmniej trzykrotnie przed końcem wykładu, co ułatwia proces uczenia się [2].

5. PODSUMOWANIE

Dzięki kursowi z technologii informacyjnych studenci są dobrze przygotowani do dalszego zdobywania wiedzy. Na podstawie ankiet studenckich można wnioskować, że są również zadowoleni z ich formy oraz przygotowania. Autor jako osoba projektująca kształt przedmiotu wierzy, że to dzięki zaobserwowanym interakcjom możliwe było uzyskanie tak zadowalającego efektu. Należy jednak przestrzec przed tym, że w przypadku narzędzi informatycznych, ich zmienność jest bardzo szybka, wobec czego kurs raz zaprojektowany powinniśmy aktualizować z roku na rok i całkowicie przeprojektowywać co kilka lat, szukając nowych interakcji, popularnych narzędzi, diagnozując potrzeby studentów i rynku pracy. W kolejnych iteracjach kursu autor planuje interakcje te pogłębić, analizując więcej przedmiotów i proponując więcej wspólnych list zadań kolejnym prowadzącym kursy matematyczne.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Pracownicy Wydziału Matematyki Politechniki Wrocławskiej. Opis kierunków studiów <https://studiuj.wmat.pwr.edu.pl/>, data dostępu 01.09.2024.
2. Brown P. C., Roediger III H. L., McDaniel M. A. Make it Stick: The Science of Successful Learning. Belknap Press, 2014.
3. Brophy, J. Motivating Students to Learn (2nd ed.). Routledge, 2004.
4. Arnon D.: Report of the Workshop on Environments for Computational Mathematics. ACM SIGGRAPH Conference, Sept. 1987. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1019.html>, data dostępu 01.09.2024.
5. Stack Overflow. Annual Developer Survey. <https://survey.stackoverflow.co/>, data dostępu 01.09.2024.

ON INTERACTIONS OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES WITH MATHEMATICS AND STATISTICS TEACHING

There are many possible interactions between teaching information technology and mathematics. I will present my experience of the process of designing and implementing new IT courses in the first semesters of mathematics courses at the Wrocław University of Science and Technology, and plans to deepen their integration in the curriculum. I will describe how the analysis of the graduate profile and the needs in mathematics and statistics courses influenced the design of IT courses, and how these influence the other subjects, creating unexpected interactions.

Keywords: information technologies, mathematics teaching, statistics teaching, interactions.

TUTORING RÓWIEŚNICZY JAKO SKUTECZNA METODA WSPIERANIA PROCESU UCZENIA SIĘ

Agnieszka BARTŁOMIEJCZYK¹, Brygida MIELEWSKA²

1. Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
tel.: 58 347 2613 e-mail: agnieszka.bartlomiejczyk@pg.edu.pl
2. Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
tel.: 58 347 2886 e-mail: brygida.mielewska@pg.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawione zostały zarówno teoretyczne podstawy, jak i praktyczne zastosowania efektywnej formy wsparcia dydaktycznego jaką jest tutoring rówieśniczy. Analizie poddane zostały zajęcia realizowane w ramach tutoringu rówieśniczego na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej. Analiza obejmuje ocenę efektywności tych zajęć, zaangażowanie studentów oraz ich satysfakcję z procesu nauki. Omówione zostały również wnioski i rekomendacje dotyczące dalszego rozwijania programów tutoringowych, które mogą przyczynić się do poprawy jakości kształcenia na poziomie akademickim.

Słowa kluczowe: tutoring rówieśniczy, współpraca studencka, tutor, tutee, umiejętności miękkie.

1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach tutoring rówieśniczy zyskał na znaczeniu jako efektywna metoda wspomagania procesu edukacyjnego, również w dziedzinie matematyki i fizyki. W tutoringu rówieśniczym uczniowie czy studenci pełnią podwójną rolę: tutorów, którzy przekazują wiedzę i umiejętności oraz tutorowanych (*tutees*), którzy otrzymują wsparcie w nauce, [1]. Taka dwustronna interakcja nie tylko wzmacnia zrozumienie materiału, ale również rozwija umiejętności interpersonalne, krytyczne myślenie oraz zdolności komunikacyjne. Rola tutorów polega na wspieraniu swoich rówieśników w zrozumieniu trudnych pojęć (w szczególności matematycznych i fizycznych), natomiast tutorowani zyskują indywidualne wsparcie dostosowane do ich potrzeb edukacyjnych. Zgodnie z teorią Lwa Wygotskiego, interakcje społeczne, takie jak wspólne rozwiązywanie zadań, problemów czy wyjaśnianie zagadnień, przyspieszają procesy poznawcze i pomagają uczniom przejść od tego co potrafią zrobić z pomocą bardziej doświadczonej osoby, do samodzielności, [2]. W odniesieniu do koncepcji „strefy najbliższego rozwoju” Wygotskiego (*zone of proximal development*), tutoring rówieśniczy umożliwia bardziej kompetentnym uczniom (studentom) pełnienie roli przewodników, wspierających swoich rówieśników w przekraczaniu ich aktualnych możliwości poznawczych, co sprzyja rozwojowi samodzielności. Z kolei Jerome Bruner, reprezentant konstruktywizmu, podkreślał, że uczniowie aktywnie budują swoją wiedzę na bazie wcześniejszych doświadczeń i interakcji, co również wpisuje się w założenia tutoringu rówieśniczego. Bruner wskazywał również na znaczenie „rusztowania edukacyjnego”

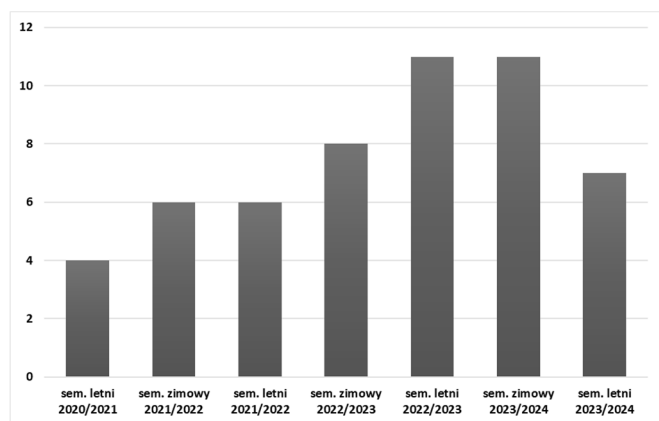
(*scaffolding*), gdzie bardziej doświadczony rówieśnik dostosowuje wsparcie do potrzeb ucznia (studenta) wymagającego pomocy, co wspomaga proces efektywnego przyswajania wiedzy i rozwoju poznawczego, [3, 4]. Z kolei w [5] autorzy podkreślają, na podstawie przeprowadzonych badań na Wydziale Ekonomii i Stosunków Międzynarodowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, że tutoring (rówieśniczy) może również wspierać rozwój kompetencji przedsiębiorczych u studentów szkół wyższych. Wpływ tutoringu rówieśniczego na osiągnięcia w nauce oraz rozwijanie kompetencji studentów takich jak komunikacja i współpraca, jest również omawiany w artykule [6]. Badaniem objęci zostali studenci studiów licencjackich, którzy uczęszczali na zajęcia rówieśnicze (*peer tutoring*) na Korean University w roku 2018.

Na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej (WFTIMS PG) funkcjonuje również sformalizowana wersja tutoringu studenckiego (rówieśniczego). W praktyce polega ona na przypisaniu studenta-tutora (najczęściej studenta studiów II stopnia lub doktoranta) do wybranych zajęć kursowych realizowanych przez nauczyciela-mentora, w większości przypadków dla studentów I roku studiów. Wprowadzenie dodatkowej osoby do typowej relacji nauczyciel – student stwarza swoistą triadę *mentor – tutor – tutees* i wynikające z niej role oraz zadania. Relacja tutor-mentor wymaga od obu stron nie tylko dobrej znajomości zagadnień przedmiotowych, ale również dobrej komunikacji, zrozumienia, zaangażowania i zaufania, ze względu na obopólny cel, którym jest podniesienie efektywności, jakości i atrakcyjności zajęć. Dla mentora, trudnością w jego osiągnięciu jest najczęściej niedostatek czasu, a dla tutora studenckiego – doświadczenia dydaktycznego. W tandemie tutor-mentor oba te niedostatki mają szansę się skompensować, a umiejętności obu stron, w tym kreatywność, zaangażowanie, wykorzystanie narzędzi i technik interaktywnych – rozwinąć i zadziałać synergistycznie. Relacja tutor-tutees z kolei, jako niemal rówieśnicza, daje możliwość stworzenia bardziej swobodnej komunikacji, zadawania pytań bez obawy o bycie ocenionym przez nauczyciela. Z drugiej strony tutor, jako osoba, która stosunkowo niedawno realizowała z sukcesem dane zajęcia, pamięta ich trudności i zawiłości materiału i jest w stanie przedstawić go może bardziej zrozumiale lub z większą empatią. Jednocześnie efektem obu powyższych interakcji może być także rozwój relacji nauczyciel-tutees. Dzięki

lepszej informacji zwrotnej na temat potrzeb i trudności, z którymi zmagają się studenci na przedmiocie, możliwe jest trafniejsze dostosowanie metodyki nauczania. Często również odciążenie nauczyciela z typowych, podstawowych a jednak czasochłonnych czynności, pozwala na lepsze ukierunkowanie jego/jej uwagi na metodykę, szybszy i bardziej wnikliwy feedback zarówno wobec grupy, jak i indywidualnych studentów, w szczególności w grupach o dużej liczebności i na zajęciach ze studentami I i II semestru.

2. REALIZACJA PROGRAMU TUTORÓW STUDENCKICH NA WFTiMS PG

W okresie od lutego 2021 r. do czerwca 2024 r. przeprowadzonych zostało 7 semestralnych edycji programu *Tutor studencki*, w których łącznie uczestniczyło 34 studentów WFTiMS (56% kobiet i 44% mężczyzn) pod opieką 24 nauczycieli akademickich (mentorów). Każdorazowo w pierwszych tygodniach danego semestru nauczyciele zgłaszali potrzebę zatrudnienia tutora do prowadzenia przedmiotów w danym semestrze z jednoczesnym wskazaniem wymagań wobec danej osoby – studenta/studentki o wiedzy i kompetencjach wskazujących na dobre sprawdzenie się w tej roli. Były to z założenia osoby studiujące co najmniej na II stopniu studiów na kierunkach prowadzonych przez WFTiMS PG: fizyka techniczna, inżynieria biomedyczna (specjalność fizyka medyczna), inżynieria materiałowa, matematyka i nanotechnologia. Zainteresowanie projektem w kolejnych edycjach kształtowało się na poziomie od 4 do 11 tutorów w semestrze (rys. 1). Łączna liczba tutorów zgłoszonych w dotychczasowych siedmiu edycjach wyniosła 53, w tym 11 zaangażowanych było w więcej niż jednej edycji.



Rys. 1. Liczba tutorów na WFTiMS PG w latach 2020-2024

Z uwagi na szerokie spektrum przedmiotów prowadzonych przez nauczycieli WFTiMS, zakres zadań dla tutorów był mocno zróżnicowany. Dla przedmiotów zawierających komponent ćwiczeń pokazowych i laboratoryjnych (fizyka, inżynieria biomedyczna, inżynieria materiałowa, nanotechnologia) bardzo istotną częścią były czynności techniczne, przygotowanie próbek i aparatury oraz pomoc w realizacji i nadzorowaniu prawidłowego przebiegu eksperymentów. Łącznie w zgłoszeniach dla ponad 40 przedmiotów, niemal w 100% pojawiającymi się zadaniami tutorskimi były:

- współprowadzenie zajęć (krótkie referaty ilustrujące część wykładów lub ćwiczeń, prezentacja przykładów

rozwiązań zadań, asystowanie studentom w wykonywaniu eksperymentów),

- organizacja zajęć (przygotowanie próbek do pomiarów, przygotowanie aparatury pomiarowej, wykonanie wzorcowych pomiarów, opracowanie grafiku ćwiczeń laboratoryjnych, przygotowanie arkusza ocen, porządkowanie danych i archiwizacja wyników prac okresowych studentów),
- pomoc w sprawdzaniu prac studentów: zadań, sprawozdań, algorytmów,
- dodatkowe konsultacje ze studentami,
- przygotowanie materiałów statycznych na e-kursie: wizualizacji (Mathematica, MATLAB, GeoGebra), pytań i zadań na sprawdziany lub kolokwia, prezentacji wykładowych, przykładów rachunkowych i testowych przygotowujących dodatkowo do egzaminu,
- przygotowanie materiałów interaktywnych (quizy w Moodle, Kahoot, Mentimeter), poszukiwanie dodatkowych zasobów internetowych ilustrujących treści wykładów i ćwiczeń.

Aдекватnie do zgłoszonych zadań, formułowane były również wymagania dla kandydatów - zarówno te przedmiotowe/merytoryczne, jak i w obszarze kompetencji miękkich (np. komunikatywność, rzetelność, dobra organizacja). Po zakończeniu semestru tutorzy przedstawiali sprawozdanie z podjętych zadań wraz z załącznikami do utworzonych zasobów, list obecności itp.

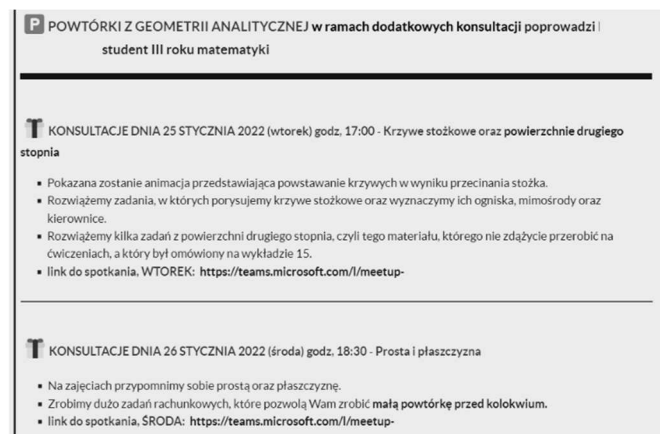
3. TUTORZY STUDENCCY NA KIERUNKU MATEMATYKA

W okresie 2021-2024 w programie *Tutor studencki* dla kierunku Matematyka zatrudnionych zostało 11 studentek i studentów, pracujących pod opieką pięciorga mentorów. Zadania im powierzone dotyczyły w większości przedmiotów z semestru I i II: *Analiza matematyczna*, *Algebra liniowa*, *Geometria analityczna*, *Wstęp do logiki i teorii mnogości*, *Technologie informacyjne*. Z puli przedmiotów dla semestrów wyższych zgłoszone zostały dwa: *Rachunek prawdopodobieństwa* oraz *Topologiczna analiza danych*.

Jako przykład wykorzystania tutoringu w jednej z edycji opisana zostanie współpraca z tutorem na przedmiocie kursowym *Geometria analityczna* dla studentów pierwszego roku w roku akademickim 2021/2022. W ramach realizacji powierzonych zadań tutor współprowadził zajęcia dydaktyczne i przygotowywał dodatkowe materiały oraz wizualizacje m.in. w GeoGebra, które stanowią cenną pomoc dydaktyczną również dla kolejnych grup studenckich. W celu powtórzenia omawianych z wykładowcą na zajęciach zagadnień tutor przygotowywał quizy w aplikacjach Mentimeter i Kahoot oraz pełne rozwiązania wybranych zadań.

Jako pomoc w utrwalaniu wiedzy studentów przed kolokwiami i egzaminami, tutor przeprowadzał konsultacje w trybie zdalnym. Informacje o odbywających się konsultacjach (termin oraz zakres materiału) były umieszczane na kursie do przedmiotu *Geometria analityczna* prowadzonym przez wykładowcę (rys. 2). Konsultacje polegały na wspólnym rozwiązywaniu zadań oraz szczegółowym omawianiu zagadnień, z którymi studenci mieli większe problemy. Ponadto, w celu wizualizacji poruszanych tematów z geometrii analitycznej, użyte były, przygotowane wcześniej przez tutora, animacje i rysunki.

Konsultacje dla studentów odbyły się w ciągu dwóch kolejnych dni i trwały łącznie 4 godziny. Pierwszego dnia spotkanie trwało 1,5 godziny, a drugiego 2,5 godziny.



Rys. 2. Przykładowy zakres materiału realizowany na konsultacjach prowadzonych przez tutora

Po zakończeniu konsultacji, w których uczestniczyło ponad 40 studentów, została przeprowadzona ankieta, której głównym celem było uzyskanie informacji zwrotnej dotyczącej prowadzonych konsultacji w ramach tutoringu oraz poznania potrzeb tutorowanych. Ankieta złożona była z pięciu pytań zamkniętych i jednego pytania otwartego. Poniżej prezentujemy pytania, które zadaliśmy tutorowanym. Wszystkie pytania zostały opracowane przez tutora.

1. W których konsultacjach brałeś udział?
2. Czy Twoim zdaniem takie konsultacje są pomocne w przygotowaniu do kolokwium?
3. Jak oceniasz poziom trudności przygotowanych zestawów powtórkowych?
4. Jak oceniasz sposób prowadzenia zajęć konsultacyjnych i przygotowanie prowadzącego?
5. Czy wzięłbyś udział w podobnych powtórkach przed innymi kolokwiami (np. analiza czy algebra)?
6. Czy coś byś zmienił w takich zajęciach? Co twoim zdaniem można byłoby poprawić?

Ankieta została skierowana do wszystkich studentów, którzy wzięli udział w konsultacjach, a swoje opinie i uwagi wyraziło 18 uczestników. Po przeprowadzonej ankiecie (na podstawie odpowiedzi na pytanie 1) stwierdzono, że aż 72,2% ankietowanych studentów uczestniczyło w obu dniach konsultacji, 27,8% wzięło udział jedynie w drugim dniu, natomiast żaden z respondentów nie uczestniczył wyłącznie w pierwszym dniu konsultacji. Z uzyskanych informacji można wysunąć wniosek, że studenci, którzy przyszli na konsultacje pierwszego dnia, byli na tyle zadowoleni z ich przebiegu, że zdecydowali się wziąć udział również w kolejnych konsultacjach. Co więcej, wydaje się, że ich pozytywny odbiór spotkania z tutorem mógł zachęcić innych studentów do uczestnictwa w konsultacjach, co zaowocowało większą frekwencją drugiego dnia.

Okazało się również (po analizie odpowiedzi na pytanie 2), że dla studentów taka forma spotkań z tutorem była bardzo pomocna w przygotowaniu do kolokwium. Na pytanie *Czy Twoim zdaniem takie konsultacje są pomocne w przygotowaniu do kolokwium?* w 72,2% udzielono odpowiedzi "zdecydowanie tak" i 27,8% "raczej tak" (brak odpowiedzi negatywnych lub "nie mam zdania").

Studenci oceniali także poziom trudności przygotowanych przez tutora zestawów powtórkowych, w skali od 1 do 4 (pytanie 3). Wyniki wskazują, że 33,3%

ankietowanych uznało zestawy za trudne, natomiast większość, czyli 66,7%, oceniła je jako umiarkowanie trudne.

Należy również podkreślić, że wszyscy studenci, którzy wzięli udział w ankietyzacji, wysoko ocenili przygotowanie tutora do prowadzenia konsultacji – na pytanie 4 – *Jak oceniasz sposób prowadzenia zajęć konsultacyjnych i przygotowanie prowadzącego?* w 83,3% odpowiedzi oceniono go na 5 i 16,7% odpowiedzi na 4 (w skali 1-5).

Z analizy odpowiedzi na pytanie 5 wynika, że niemal 95% ankietowanych studentów wyraziło zdecydowaną chęć uczestnictwa w konsultacjach z innych przedmiotów prowadzonych przez studenta – tutora, natomiast pozostali zadeklarowali, że rozważyliby taką możliwość. To sugeruje, że konsultacje w formie tutoringu rówieśniczego były skuteczne i miały pozytywny wpływ na tutees, motywując ich do dalszego pogłębiania wiedzy.

Na rysunku 3 prezentujemy odpowiedzi studentów na pytanie otwarte *Czy coś byś zmienił w takich zajęciach? Co Twoim zdaniem można byłoby poprawić?* Wprawdzie odpowiedziało na nie zaledwie trzech studentów, ale przekaz jest jednoznaczny i potwierdzający zarówno dobrą współpracę, jak i atmosferę zajęć. Warto zwrócić uwagę na wyrażoną przez ankietowanych sugestię udoskonalenia tutoringu, w postaci przeprowadzenia krótkiego testu wiedzy przed konsultacjami w celu lepszej orientacji na temat znajomości omawianego zakresu materiału.

Czy coś byś zmienił w takich zajęciach? Co Twoim zdaniem można byłoby poprawić?
3 odpowiedzi

Może wprowadzić jakiś szybki test na menti żeby zorientować się jak stoimy z wiedzą.

Były super, smacznej kawusi

wykłady były super, bardzo pomocne i niczego bym nie zmieniła. prowadzący miał dużo cierpliwości i odpowiadał na każde pytanie, powtarzał pewne rzeczy jeszcze raz, jeśli było trzeba. nie czuło się upływającego czasu, wiele sobie przypominałam, powtórzyłam i rozumiałam

Rys. 3. Odpowiedzi na pytanie otwarte na temat konsultacji przez tutora na przedmiocie Geometria analityczna

4. KORZYŚCI I OGRANICZENIA REALIZACJI PROJEKTU

Na zakończenie projektu sami tutorzy zostali zapytani o wrażenia i refleksje z nim związane. W odpowiedzi na pytanie o wpływ projektu na rozwój własnych kompetencji (jakich?) - najczęściej wskazywali na rozwój kompetencji miękkich: umiejętności interpersonalnych, prezentacji, zrozumiałego przekazywania wiedzy, kreatywności, organizacji pracy, radzenia sobie ze stresem i brakiem wiary w swoje możliwości. Jako pozytywne doświadczenie, a nawet zaskoczenie wymieniali:

- przygotowywanie i prowadzenie zajęć (pogłębianie i utrwalanie własnej wiedzy, poszukiwanie angażujących form zajęć)
- pozytywny odbiór prowadzonych zajęć przez studentów - bardziej bezpośredni i motywujący (otwartość w relacji tutor-tutee),
- wsparcie nauczycieli prowadzących, wspólne przygotowywanie i omawianie przebiegu zajęć i ich efektów (relacja tutor-mentor).

Negatywnym zaskoczeniem (zgłaszanym około 7 razy rzadziej niż pozytywne) okazały się: czasochłonność przygotowywania się do zajęć i opracowywania materiałów, oraz (bardzo nieliczne) przejawy braku szacunku. Od strony administracyjnej niekorzystnie zapadły w pamięć czynności

formalne (dokumentowanie prac, tryb przeprowadzania umowy, sprawozdawczość).

W opiniach mentorów na temat projektu dla kierunku matematyka, zdecydowaną zaletą, poza wymienioną już poprawą komunikacji potrzeb i efektywnością reagowania na nie, jako wartość dodaną wymieniono liczne materiały opracowane lub zmodyfikowane przez tutorów, zwiększające atrakcyjność zasobów i pomocy dydaktycznych.

Z naszych spostrzeżeń wynika, że tutorami często zostają osoby, które odgrywają rolę lokalnych liderów i które cechuje charyzma, empatia, rozumienie potrzeb oraz umiejętności komunikacyjne. Obserwując współpracę nauczyciel – tutor oraz tutor – tutee w realizowanym projekcie można wyróżnić następujące korzyści: wspieranie procesu kształcenia, elastyczność w dostosowaniu do potrzeb tutorowanych oraz przestrzeń do rozwoju poczucia własnej wartości. Jednak należy przy tym zwrócić szczególną uwagę na zachowanie ostrożności przy wprowadzaniu nowych zagadnień, odpowiedni dobór partnerów, zwłaszcza tutorów oraz ograniczenie nadmiernej kontroli nauczyciela nad relacją tutorską.

Tutoring rówieśniczy odgrywa również kluczową rolę w edukacji pozaformalnej. Jako nauczyciele akademicki i opiekunowie kół naukowych, mamy możliwość obserwowania, w jaki sposób członkowie organizacji studenckich dzielą się wiedzą i umiejętnościami, wspierając się nawzajem w zgłębianiu trudnych zagadnień naukowych. Taka forma współpracy nie tylko sprzyja pogłębianiu wiedzy, ale również rozwija umiejętności dydaktyczne studentów i wzmacnia budowanie społeczności akademickiej. Zarówno tutorzy, jak i ich podopieczni zyskują nie tylko na poziomie merytorycznym, ale także integrują się i uczą pracy zespołowej. Tym samym tutorzy - liderzy kół naukowych, stanowią inspirację dla nieco młodszych studentów, pokazując im, jak pasjonujące może być odkrywanie nowych zastosowań wiedzy zdobytej na wykładach. Nie bez znaczenia jest też fakt, że tutorowani, mając kontakt ze studentami biorącymi aktywny udział w konferencjach studenckich i naukowych, mają okazję przekonać się, że studiowanie jest nie tylko drogą do zdobywania wiedzy, ale również już od pierwszych lat studiów umożliwia szersze rozwijanie swoich uzdolnień i pasji.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Przewagą tutoringu rówieśniczego nad tradycyjnym nauczaniem jest dużo większa możliwość indywidualizacji procesu przekazywania wiedzy, w szczególności większa elastyczność w dostosowaniu do poziomu i umiejętności

tutorowanych. Doświadczenia zebrane w dotychczasowych edycjach wskazują, że metoda tutoringu jest zdecydowanie warta rekomendacji do wprowadzenia jako strategia nauczania. Warto jednak podkreślić, że:

- najlepiej sprawdza się do utrwalania i powtarzania wiedzy zdobytej na zajęciach,
 - należy zachować ostrożność przy jej stosowaniu przy wprowadzaniu nowych treści wykładowych, co jest związane z mniejszym doświadczeniem studenta jako tutora,
 - wymaga precyzyjnego określenia obowiązków i zadań przez mentora, w szczególności bardzo ścisłych wskazówek dotyczących sposobów oceniania i formułowania informacji zwrotnej dla tutorowanych,
 - stroną organizacyjną i administracyjną należy zająć się z odpowiednim wyprzedzeniem, aby tutor mógł rozpocząć pracę z grupą już od pierwszych tygodni semestru.
- Na prowadzonych zajęciach przy współpracy studenta-tutora udało się zwiększyć zainteresowanie studentów tematyką zajęć oraz zainspirować niektórych z nich ideą tutoringu. I wreszcie wyraźnie można było zaobserwować większą frekwencję i aktywność na konsultacjach tych studentów, którzy mają problemy z opanowaniem danego zakresu materiału.

Serdeczne podziękowania dla Pana Dawida Ptacha za opracowanie pytań ankietowych skierowanych do tutorowanych oraz za udostępnienie wyników ankiet.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Sławińska M.: Tutoring rówieśniczy w edukacji, czyli jak uczniowie uczą się od siebie wzajemnie i co z tego wynika, *Pogranicza pedeutologicznych dyskursów*, Tom 27, Nr 2(54), 2015.
2. Wygotski, L. S.: *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, 1978.
3. Bruner, J. S.: *The Act of Discovery*. Harvard Educational Review, 1961.
4. Bruner, J. S.: *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press, 1966.
5. Kwaśny J., Żur A.: Tutoring a kształtowanie kompetencji przedsiębiorczych – studium przypadku Wydziałowej Indywidualnej Ścieżki Edukacyjnej, *Horyzonty Wychowania*, Tom 17, Nr 43, 2018.
6. Eun H.S, Min J. K.: The Effect of Peer Tutoring for College Students: Who Benefits More from Peer Tutoring, Tutors or Tutees? *The New Education Review*, 2019, s. 97-106.

PEER TUTORING AS AN EFFECTIVE METHOD OF SUPPORTING THE LEARNING PROCESS

The article presents both the theoretical foundations and practical applications of an effective form of didactic support, which is peer-tutoring, as a form of classes conducted at the Faculty of Applied Physics and Mathematics of the Gdańsk University of Technology. The analysis includes an assessment of the effectiveness of these classes, student engagement and their satisfaction with the learning process. Peer-tutoring has also been shown to bring benefits to the personal development of the soft competences of the tutors themselves (interpersonal skills, creativity, work and time management, the ability to cope with stress and lack of confidence). The discussion also includes conclusions and recommendations regarding the further development of tutoring programs, which can improve the quality of education at the academic level.

Keywords: peer-tutoring, tutor, tutee, student cooperation, soft skill development.

WIRTUALNY POKÓJ ZAGADEK Z ZAKRESU MATEMATYKI

Radosław BAZIAK¹, Tomasz DARUK², Karol ŻYRA³, Dorota ŻAREK⁴, Jacek LEBIEDŹ⁵

1. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
tel.: 58 347 2096 e-mail: s180197@student.pg.edu.pl
2. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
tel.: 58 347 2096 e-mail: s171974@student.pg.edu.pl
3. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
tel.: 58 347 2096 e-mail: s181441@student.pg.edu.pl
4. Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
tel.: 58 348 6195 e-mail: dorota.zarek@pg.edu.pl
5. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
tel.: 58 347 2096 e-mail: jacekl@eti.pg.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono realizację pokoju z zagadkami matematycznymi opartego na rzeczywistości wirtualnej. Celem było stworzenie wciągającej gry z zakresu matematyki, w którą aktywnie angażują się studenci. Zespół badawczy zbudował aplikację do wykorzystania w Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej na Politechnice Gdańskiej. Gra składa się z czterech pokoi: pokoju wprowadzającego i trzech pokoi tematycznych. Łącznie w pokojach znajduje się 13 zagadek wymagających matematycznego myślenia. W celu oceny walorów edukacyjnych narzędzia, przygotowano ankiety i przeprowadzono eksperyment ze studentami pierwszego i trzeciego roku studiów. W artykule autorzy omówili zastosowanie rzeczywistości wirtualnej i koncepcji pokoju zagadek (ang. *escape room*) w celu stworzenia innowacyjnego narzędzia angażującego studentów w proces nauki matematyki w interaktywnej, stymulującej wizualnie scenografii.

Słowa kluczowe: pokój zagadek, rzeczywistość wirtualna, edukacja matematyczna, grywalizacja.

1. INFORMACJE OGÓLNE

Żyjemy w dobie cyfryzacji, która znacznie wpływa na młode pokolenie. Młodzież poszukuje odpowiedzi na wszelkie pytania w Internecie. Chętnie wykorzystuje nowoczesne technologie w każdej sferze życia. Popularność wśród młodzieży eksplorowania rzeczywistych pokoi zagadek zainspirowała wielu nauczycieli akademickich do wykorzystania rzeczywistości wirtualnej w procesie nauczania np. matematyki [1, 2, 3, 4, 5].

Wychodząc naprzeciw tym wyzwaniom, w wyniku współpracy Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki z Centrum Matematyki, powstał pomysł przedstawienia zagadnień matematycznych w środowisku rzeczywistości wirtualnej. W ramach zespołowego projektu badawczego stworzono płaszczyznę łączącą matematykę ze światem nowoczesnej technologii w aspekcie podniesienia atrakcyjności nauczania matematyki na uczelniach technicznych.

Celem projektu było stworzenie aplikacji, która przyczyni się do rozwoju umiejętności matematycznych wśród młodzieży akademickiej. Połączenie elementów gry poprzez pokój zagadek, z elementami edukacyjnymi, w formie różnorodnych zagadek matematycznych pozwoli na większe zaangażowanie beneficjentów w proces dydaktyczny. Dzięki

temu użytkownicy będą mieli możliwość osiągnięcia lepszych wyników w procesie uczenia się matematyki.

2. UWARUNKOWANIA PROJEKTOWE

Celem projektu było stworzenie aplikacji na platformie Unity umożliwiającej prezentację zagadnień matematycznych w środowisku rzeczywistości wirtualnej, tworząc w ten sposób interfejs pomiędzy matematyką a światem nowoczesnych technologii w aspekcie uatrakcyjnienia nauczania tego przedmiotu na poziomie pierwszego roku studiów inżynierskich.

Unity to jedna z wiodących platform do tworzenia gier. Jest to system, który obsługuje nie tylko tworzenie gier, ale również szeroką gamę interaktywnych projektów medialnych, w tym aplikacje rzeczywistości wirtualnej. Unity oferuje darmową licencję do użytku osobistego i projektów o niewielkich dochodach. Jest kompatybilne z wieloma platformami. Wszechstronność technologii była kluczowa dla projektu, ponieważ pozwoliło to autorom stworzyć pokój zagadek, który można było wdrożyć w środowisku jaskiń rzeczywistości wirtualnej w Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej, oznaczonej dalej w artykule jako LZWP [6].

W projekcie wykorzystano wersję Unity kompatybilną z biblioteką używaną w LZWP do integracji i synchronizacji podsystemów odpowiedzialnych za wyświetlanie sceny wokół użytkownika i jego interakcję z otoczeniem wirtualnym.

Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej stanowi znaczący postęp w technologii rzeczywistości wirtualnej. System jaskiń został zaprojektowany tak, aby otaczać użytkowników światem wirtualnym, oferując wysoki stopień zanurzenia. Typowa konfiguracja obejmuje wiele dużych ekranów tworzących przestrzeń przypominającą sześcienną pomieszczenie. Użytkownik używa specjalnych okularów 3D, które w połączeniu z technologią śledzenia pozycji, umożliwiają systemowi prezentację wirtualnego środowiska z prawidłowej perspektywy, dostosowując się w czasie rzeczywistym do ruchu użytkownika. Rozwiązanie to tworzy wysoce przekonującą iluzję fizycznej obecności w przestrzeni wirtualnej.

Korzystanie z jaskini ma wiele zalet:

- możliwość stworzenia przestrzeni odpowiadającej wielkością rzeczywistym pomieszczeniom, co znacznie zwiększa zanurzenie i zabawę,
- umożliwia naturalną współpracę i komunikację użytkowników,
- zmniejsza prawdopodobieństwo choroby symulatorej,
- nie wyklucza osób niepełnosprawnych.

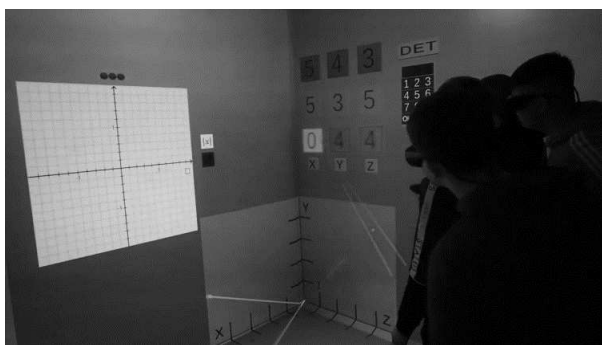
3. POKOJE ZAGADEK

Wszystkie zagadki zostały podzielone pomiędzy trzy pokoje, do których można dotrzeć przez pokój wprowadzający. Pokój ten przypomina tradycyjną salę lekcyjną, w której znajdują się cztery biurka dla uczniów i jedno biurko nauczyciela. Ponadto zawiera elementy dekoracyjne, takie jak: półki na książki, tablicę z wyświetlanym czasem ewakuacji z pokoiów z zagadkami. Z pomieszczenia tego, poprzez drzwi różnego koloru, można się dostać do jednego z trzech pokoiów.

3.1. Pokój nowoczesny

Pokój nowoczesny charakteryzuje się współczesnym wystrojem przypominającym futurystyczną przestrzeń, w którym znajdują się cztery zagadki:

- Waga składająca się z dwóch szal. Na jednej z nich leży klocek o nieznannej wadze. Zagadka polega na zrównoważeniu obu części wagi przez umieszczenie na drugiej szali odważników w kształcie cyfr rzymskich. Waga klocka jest kodem a zarazem rozwiązaniem zadania.
- Iloczyn mieszany trzech wektorów. Zadanie sprowadza się do obliczenia wyznacznika np. metodą Sarrusa. Rozwiązanie tej zagadki jest kluczem szyfrowym.
- Równanie odcinkowe płaszczyzny. Zagadka polega na zwizualizowaniu równania płaszczyzny w przestrzennym układzie współrzędnych za pomocą trzech suwaków. Poprawna odpowiedź jest kluczem do zaliczenia zagadki.
- Wykres funkcji. Zadanie polega na narysowaniu na tablicy wykresu funkcji przedstawionej odpowiednim wzorem (rys. 1).



Rys. 1. Wykres funkcji (fot. Michał Fludra)

3.2. Pokój warsztatowy

Wystroj pomieszczenia przypomina dawny warsztat mechaniczny z wiertarkami, młotkami, farbami i innymi elementami dekoracji, w którym znajduje się pięć zagadek:

- Ciąg liczb naturalnych, w którym cztery liczby zastąpione zostały znakami specjalnymi. Zagadka polega na zastąpieniu tych znaków odpowiednimi

liczbami, aby utworzyć ciąg Fibonacciego, czyli klucz szyfrowy.

- Pierwiastki liczby zespolonej. Zadanie polega na umieszczeniu na ścianie obręczy w taki sposób, aby czerwone punkty umieszczone na niej pokrywały się z rozwiązaniami zespolonymi równania (rys. 2).
- Schemat Hornera. Zagadka polega na wstawieniu klocków z odpowiednimi liczbami, aby znaleźć współczynniki wielomianu powstałego w wyniku dzielenia wielomianu stopnia trzeciego przez wielomian stopnia pierwszego.
- Dodawanie liczb zapisanych w systemie binarnym. Zadanie polega na wykonaniu działań w systemie binarnym i ich wyrażeniu w systemie dziesiętnym. Kombinacja cyfr jest szyfrem, który należy umieścić na dostępnej obok klawiaturze.
- Funkcje sufit i podłoga z liczby. Zadanie polega na obliczeniu zadanego działania $z = [x] \diamond [y]$, gdzie: z – wynikowa liczba całkowita, x, y – liczby rzeczywiste, $\diamond$ – dodawanie, odejmowanie, mnożenie lub dzielenie, $[]$ – funkcja sufit, $\lfloor \rfloor$ – funkcja podłoga.



Rys. 2. Pierwiastki liczby zespolonej (fot. Michał Fludra)

3.3. Pokój egipski

Pokój egipski przypomina starożytną świątynię na środku pustyni. Zawiera piramidy, sfinksa i różne tekstury imitujące piasek. W pokoju tym znajdują się cztery zagadki:

- Działania na liczbach zespolonych. Zagadka polega na zaznaczeniu wyników operacji dodawania i odejmowania na płaszczyźnie zespolonej. Poprawne rozwiązanie każdego z sześciu zagadnień oznaczane jest zmianą koloru czerwonej lampki na kolor zielony.
- Układ trzech równań liniowych z trzema niewiadomymi. Zadanie polega na wyznaczeniu rozwiązania metodą Gaussa-Jordana. Poprawna odpowiedź jest kluczem szyfrowym (rys. 3).



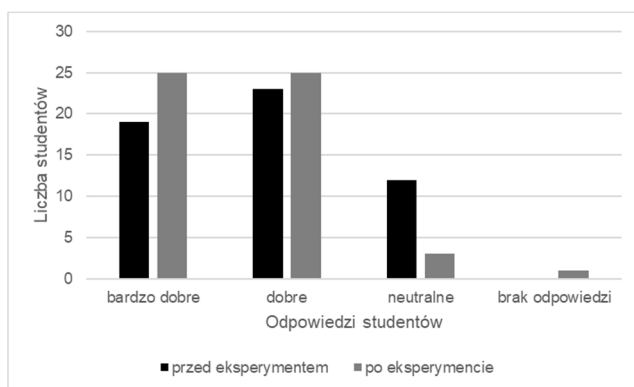
Rys. 3. Układ trzech równań liniowych z trzema niewiadomymi (fot. Michał Fludra)

- Siatka sześcianu. Zagadka polega na znalezieniu sześcienną kostkę, która jest pokryta obrazkami, dokładnie w taki sposób, jak pokazuje to wzornik siatki sześcianu. Kostkę wybieramy spośród wielu sześcianów leżących na podłodze.
- Wektory. W układzie współrzędnych zaznaczony jest kropką punkt. Zadanie polega na przemieszczeniu go poprzez przesuwanie o dostępne wektory do punktu docelowego.

4. EKSPERYMENT

Do eksperymentu przystąpiło 54 studentów z dwóch uczelni: 12 studentów III roku Informatyki i 8 studentów I roku kierunku Mechanika i Budowa Maszyn w Akademii Nauk Stosowanych w Elblągu oraz 34 studentów Kierunku Informatyka Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Warto nadmienić, że wszyscy beneficjenci projektu byli wcześniej uczestnikami zajęć stacjonarnych z zakresu analizy matematycznej i algebry liniowej z geometrią analityczną, w ramach programu kształcenia na studiach technicznych. Celem eksperymentu było zebranie istotnych informacji od uczestników związanych z samopoczuciem oraz nabytą wiedzą z zakresu matematyki wyższej. W trakcie eksperymentu przeprowadzono cztery ankiety, w tym dwie dotyczące samopoczucia studentów oraz dwie skupiające się na ocenie wiedzy z matematyki. Po wypełnieniu dwóch ankiet przed eksperymentem, składających się z 5 pytań zamkniętych i 2 pytań otwartych dotyczących samopoczucia i samooceny poziomu zmęczenia, koncentracji, stresu i zdolności matematycznych studenta oraz 12 pytań mających na celu sprawdzenie wiedzy z matematyki, studenci eksplorowali pokój zagadek. Po zakończeniu fazy eksperymentalnej uczestnicy badania wypełniali ankietę satysfakcji, składającą się z 5 pytań zamkniętych identycznych jak w ankiecie początkowej i 10 pytań dodatkowych, mającą na celu ocenę ich samopoczucia. Ponadto przeprowadzono ankietę zrozumienia zagadnień matematycznych.

Autorzy ankiety zapytali studentów jak oceniają swoje ogólne samopoczucie. Wyniki przedstawiono na rys. 4.

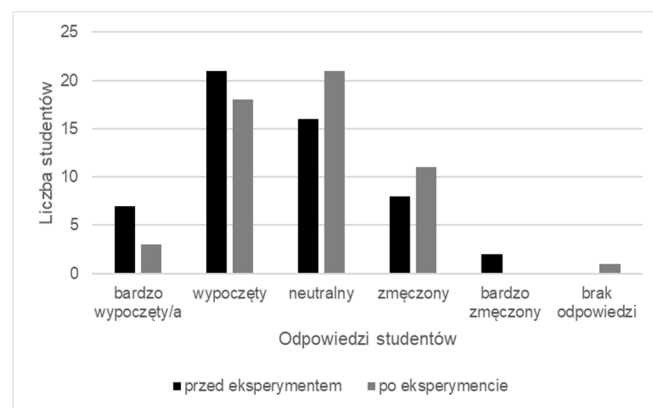


Rys. 4. Jak oceniasz swoje ogólne samopoczucie?

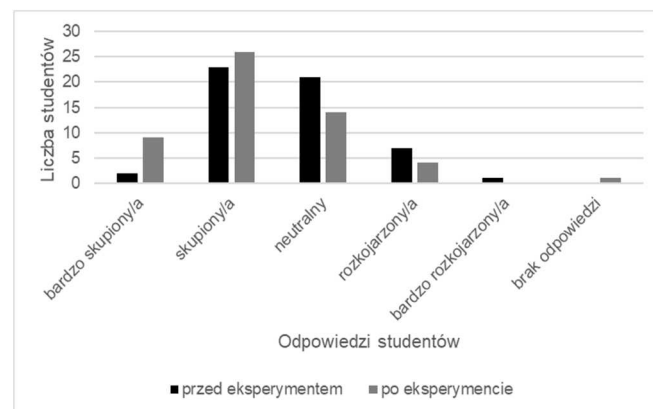
Około 78% respondentów przed eksperymentem określiło swoje samopoczucie jako „bardzo dobre” lub „dobre”. Po eksperymencie stan dobrego samopoczucia wzrósł do prawie 93%.

Autorzy zbadali również jak uczestnicy eksperymentu oceniają swój obecny poziom zmęczenia i skupienia. Monitorowanie samopoczucia wydaje się autorom ważne, ponieważ może mieć to wpływ na wybór metody i czas

rozwiązywania zagadek. Na rys. 5 i 6 zaprezentowano odpowiedzi studentów.



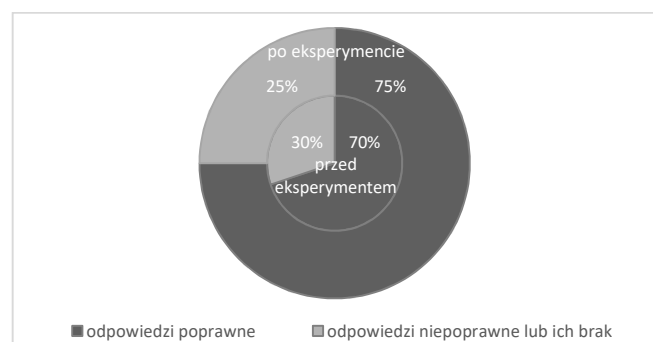
Rys. 5. Jak oceniasz swój obecny poziom zmęczenia?



Rys. 6. Jak oceniasz swój obecny poziom skupienia?

Badanie przed eksperymentem wskazuje, że około 52% studentów było „wypoczętych” oraz 46% „skupionych”. Po doświadczeniu w pokojach zagadek liczba studentów „wypoczętych” zmalała do poziomu 39%. Jednakże poziom skupienia wzrósł do 65%.

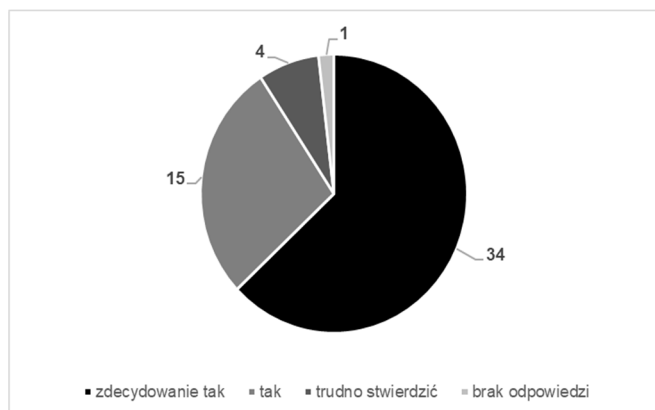
Dokonano również porównania kompetencji matematycznych przed przystąpieniem do eksperymentu i po jego zakończeniu. Wyniki przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Procent poprawnie rozwiązanych zadań w ankiecie wiedzy.

Początkowo uczestnicy doświadczenia wykazywali się pewnym poziomem wiedzy z zakresu analizy matematycznej i algebry liniowej. Po zakończeniu zajęć w jaskini średni wynik wiedzy nieznacznie wzrósł. Potwierdza to wpływ eksplorowania pokoju zagadek na poziom wiedzy beneficjentów projektu. Wymaga to jednak dalszych badań.

Na etapie pomysłu projektu edukatorzy zastanawiali się, jaki odbiór będzie miał eksperyment. W związku z tym, w ankiecie, zadano pytanie: czy jesteś zadowolony/na z udziału w matematycznym pokoju zagadek? Odpowiedź na to pytanie zaprezentowano na rys. 8.



Rys. 8. Czy jesteś zadowolony/na z udziału w projekcie matematycznego pokoju zagadek?

Prawie 91% uczestników projektu odpowiedziało pozytywnie.

W celu podniesienia jakości nauczania matematyki i innowacyjności tego projektu oraz zaplanowanych na przyszłość podobnych przedsięwzięć, poproszono studentów o podzielenie się swoją opinią na temat połączenia rzeczywistości wirtualnej z przedmiotem ścisłym. Poniżej przedstawiamy kilka z nich:

1. „Ciekawy sposób połączenia zabawy z matematyką”.
2. „Nieoczywistość niektórych zagadek”.
3. „Interaktywność, "praktyczne" wykorzystanie matematyki, fajna zabawa”.
4. „Sam pomysł na matematyczny *escape room* bardzo fajny”.
5. „Współpraca z kolegami”.
6. „Bardzo fajne doświadczenie, ciekawe zadania”.
7. „Rozszerzona rzeczywistość, kilka zagadek było naprawdę kreatywnych”.
8. „To, że nie zdążyliśmy zrobić trzeciego pokoju”.
9. „Wolne tempo choć wynikało to raczej z graczy w środku”.
10. „Zbyt mało czasu na zabawę”.

11. „Dla osób nie posiadających wiedzy trudny”.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Analiza wyników ankiet przed i po eksperymencie pozwala dostrzec wzrost zarówno dobrego samopoczucia jak i stanu skupienia studentów.

Według uczestników eksperymentu najcenniejszymi aspektami zajęć były: interaktywność i praktyczne wykorzystanie matematyki, współpraca z kolegami w trakcie rozwiązywania zagadek, a przede wszystkim sama koncepcja wykorzystania rzeczywistości wirtualnej.

Choć studenci nie zgłaszali większych zastrzeżeń do zagadek, to zwrócili uwagę na problemy związane z narysowaniem za pomocą ręcznego kontrolera wykresu funkcji przedstawionej wzorem. Wielu z nich było zawiedzionych zbyt krótkim czasem eksplorowania pokoju zagadek.

Warto zauważyć, że większość uczestników była zadowolona z udziału w projekcie. Oznacza to, że podjęte przez autorów działania w zakresie popularyzacji matematyki mają przełożenie na satysfakcję studentów i są pozytywnie przez nich postrzegane.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Fuentes-Cabrera, A., Parra-González, M., López-Belmonte, J., Segura-Robles, A.: Learning Mathematics with Emerging Methodologies – The Escape Room as a Case Study. *Mathematics* 8, 1586 (2020).
2. Glavas, A., Stascik, A.: Enhancing positive attitude towards mathematics through introducing escape room games, *Math. Educ. Sci. Prof.* 281, 293 (2017).
3. Kaufmann, H.: Virtual environments for mathematics and geometry education. *Themes Sci. Technol. Educ.* 2, 131-152 (2011).
4. Magreñán, Á.A., Jiménez, C., Orcos, L., Roca, S.: Teaching calculus in the first year of an engineering degree using a Digital Escape Room in an online scenario. *Comp. App. in Eng. Educ.* 31, 676-695 (2023).
5. Rosillo, N., Montes, N.: Escape Room Dual Mode Approach to Teach Maths during the COVID-19 Era. *Mathematics*, 9, 2602 (2021).
6. Lebień J.: Tam gdzie fikcja spotyka się z rzeczywistością. *Pismo PG* 2, str. 30-33 (2023).

VIRTUAL MATH ESCAPE ROOM

The paper presents the implementation of a mathematical escape room based on virtual reality. The goal was to create an involving mathematics game in which students actively engage. The research team built an application for use in the Immersive 3D Visualization Lab at the Gdansk University of Technology. The game consists of four rooms: an introductory room and three themed rooms: Egyptian room, modern room and workshop room. In total, there are 13 puzzles in the rooms that require mathematical thinking. In order to assess the educational value of the tool, surveys were prepared and an experiment was conducted with first-year students and third-year students. In the article, the authors discussed the impact of virtual reality and the concept of an escape room in order to create an innovative tool that engages students in the process of learning mathematics in an interactive, visually stimulating setting.

Keywords: escape room, virtual reality, mathematics education, gamification.

GRYWALIZACJA NA PLATFORMIE MOODLE

Magdalena KUCHARSKA¹, Monika PERL²

1. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Studium Matematyki
tel.: 91 449 48 26 e-mail: mkucharska@zut.edu.pl
2. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Studium Matematyki
tel.: 91 449 48 16 e-mail: mperl@zut.edu.pl

Streszczenie: Niniejszy artykuł poświęcony jest możliwościom wprowadzenia elementów grywalizacji na platformie Moodle. Zastosowanie dodatkowych narzędzi informatycznych: systemu algebry komputerowej w pytaniach typu STACK oraz wtyczki STASH pozwala na umieszczenie w kursie dodatkowych obiektów. Ich liczba oraz częstotliwość przyznawania mogą być uzależnione na przykład od wyników uzyskanych przez studenta za poszczególne testy. Opiszemy także zasady przykładowej gry na podstawie naszych doświadczeń zdobytych w pracy ze studentami Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W naszej opinii zgrywalizowana forma zwiększa atrakcyjność zajęć i bardziej motywuje studentów do nauki. Potwierdzają to również opinie studentów wyrażone w anonimowej ankiecie.

Słowa kluczowe: grywalizacja, platforma Moodle, STACK, STASH.

1. WPROWADZENIE

Z uwagi na specyfikę przedmiotu matematyka wymagającego systematycznej pracy studentów oraz powszechność rozwiązań informatycznych w codziennym życiu młodych ludzi proponujemy wykorzystanie elementów grywalizacji w nauczaniu matematyki na poziomie akademickim. Stosując odpowiednie wtyczki, można zaprojektować na platformie Moodle zgrywalizowany kurs, który promuje zaangażowanie studentów w różnego rodzaju aktywności. W niniejszym artykule opiszemy schemat przykładowej gry wraz z jej aktywnościami, sposobem punktowania i zaliczania przedmiotu.

2. ZASADY GRY

W trakcie jednego semestru student może zdobywać Punkty Doświadczenia (PD), Monety (M) lub Punkty Wiedzy (PW). Punkty Doświadczenia mają znaczenie przy zaliczeniu ćwiczeń audytoryjnych, Punkty Wiedzy zadecydują o zaliczeniu wykładu, a Monety będą wykorzystywane do pozyskiwania zasobów dostępnych w grze.

Aby zachęcić studentów do systematycznej pracy, w kursie zaplanowanych jest pięć mini kolokwium odpowiadających pięciu rozważanym w danym semestrze działom tematycznym oraz jedno kolokwium końcowe podsumowujące materiał zrealizowany w ciągu całego semestru. Za każde mini kolokwium student może otrzymać maksymalnie 10 PD, przy czym po uzyskaniu co najmniej 4 PD dodatkowo zdobywa określone trofeum. Za kolokwium

końcowe student może otrzymać maksymalnie 50 PD, przy czym dodatkowe trofeum otrzymuje po uzyskaniu minimum 20 PD. Student uzyska zaliczenie ćwiczeń tylko wtedy, gdy zgromadzi wszystkie trofea i uzyska minimum 60 PD. Warto zwrócić uwagę na fakt, że zgromadzenie wszystkich trofeów przy minimalnej liczbie punktów ze wszystkich kolokwium nie gwarantuje oceny pozytywnej z ćwiczeń. Brakujące PD można uzupełnić, przystępując do poprawy mini kolokwium lub biorąc udział w innych aktywnościach. Przykładowo za dobry wynik w rozgrywkach prowadzonych dla chętnych studentów w zakresie wybranych umiejętności z danego działu można uzyskać dodatkowe 2 PD.

W ramach treningu umiejętności zdobytych na zajęciach student wykonuje na platformie Moodle testy z zadaniami. Za każdy w pełni poprawnie rozwiązany test student otrzymuje 5 M. Pierwszą M otrzymuje, gdy rozwiąże test na 50%, a kolejne M otrzymuje za każde następne 10%. Dostęp do takiego testu jest ograniczony czasowo do jednego tygodnia, ale nie ma żadnego limitu podejść do danego testu. Można więc powtarzać test w ciągu danego tygodnia i rozwiązywać kolejne zadania, aż do uzyskania satysfakcjonującego wyniku. Po jednej M student otrzymuje także za obecność i aktywność na zajęciach.

Podobnie dla utrwalenia wiadomości zdobytych na wykładzie student wykonuje ograniczone czasowo testy z teorii. Do takiego testu może jednak przystąpić tylko jeden raz i zdobyć maksymalnie 4 PW. Pierwszy PW student otrzymuje, gdy rozwiąże test na co najmniej 20%, a kolejne PW otrzymuje za każde następne 20%. Student uzyska zaliczenie wykładu po zgromadzeniu minimum 60% wszystkich możliwych do zdobycia w semestrze PW. W przypadku, gdy student nie osiągnie wymaganego progu, będzie musiał przystąpić do tradycyjnego zaliczenia wykładu w sesji.

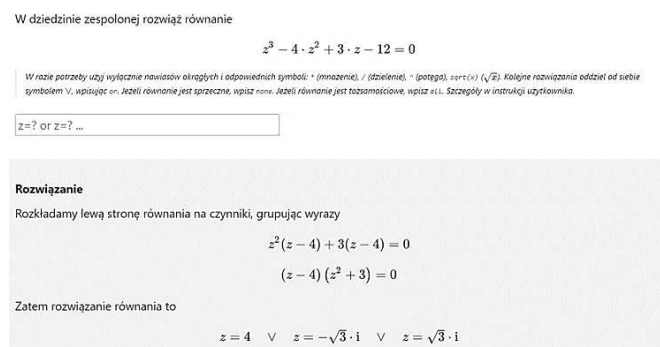
Zgromadzone M i PW student może wymieniać na dodatkowe podejścia do mini kolokwium (10 M) oraz kolokwium końcowego (15 M). Dostępne są również karty wzorów do mini kolokwium (7 M) oraz do kolokwium końcowego (15 M lub gratis przy wykupionych poprzednio 4 kartach wzorów do mini kolokwium). Można też wykupić odpowiedź wykładowcy podczas kolokwium końcowego (15 M) lub zaliczenia wykładu (15 PW). Na koniec semestru pozostałe M student może wymienić na PD (10 M = 1 PD). W niektórych przypadkach może to spowodować podwyższenie oceny studenta z ćwiczeń, jednak nie więcej niż o pół stopnia.

3. NARZĘDZIA STOSOWANE NA PLATFORMIE MOODLE

Zadania do wszystkich mini kolokwίων, kolokwium końcowego i testów treningowych wykorzystywane w grze składają się z losowo generowanych zadań otwartych i zamkniętych typu STACK. Za pomocą wtyczki STASH w odpowiedzi zwrotnej do każdego z takich testów można zaplanować przyznanie odpowiedniej liczby M, PD lub PW oraz trofeum. Omówimy teraz krótko możliwości wspomnianych narzędzi informatycznych.

3.1. STACK

Wtyczka STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) na platformie Moodle służy do automatycznej oceny odpowiedzi wprowadzanych przez studentów w zadaniach otwartych opartych na systemie algebry komputerowej Maxima [1]. Dzięki niej studenci mogą wpisywać rozwiązanie zadania w postaci wyrażenia matematycznego i nie są ograniczeni do zadań testowych wielokrotnego wyboru [2], co daje większe możliwości oceny formatywnej ich pracy własnej. Z uwagi na możliwość losowego generowania różnych obiektów, z których powstaje pytanie, mamy możliwość tworzenia kolejnych wersji danego zadania. W każdym podejściu do testu student otrzymuje więc zadanie o podobnej treści, ale z innymi danymi. Odpowiedzi zwrotne i odpowiedź ogólna (pełne rozwiązanie zadania) jest wówczas dostosowywana do danego wariantu zadania, jak na rysunku 1.



Rys. 1. Ogólna informacja zwrotna dostosowana do wylosowanej wersji zadania

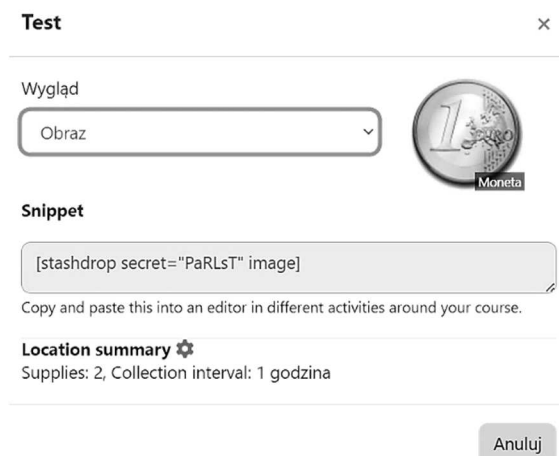
Szczegółowe sposoby tworzenia zadań z wykorzystaniem wtyczki STACK opisane zostały w [3].

3.2. STASH

Wtyczka STASH umożliwia tworzenie na platformie Moodle i umieszczanie wewnątrz kursu przedmiotów, które studenci mogą później według ustalonych reguł odbierać i kolekcjonować [4]. Dzięki temu w naszej grze pojawiają się w odpowiednich miejscach PD, PW, M i trofea. Twórca kursu może w ustawieniach lokalizacji danego obiektu określić, czy będzie on do odebrania tylko jednokrotnie, czy też wielokrotnie. W przypadku wielokrotnego odbierania przedmiotu nauczyciel ma możliwość ustalić zarówno ich liczbę, jak i częstotliwość, z jaką studenci będą mogli je otrzymywać. Zaprojektowany obiekt można wstawić w wybrane miejsce (np. w informacji zwrotnej testu) za pomocą wygenerowanego kodu, jak na rysunku 2.

Ponadto wtyczka STASH umożliwia studentowi podgląd swoich zasobów, jak na rysunku 3, oraz ich wymianę w ramach ustalonych przez wykładowcę zasad. W naszej grze

pozwała to studentowi na wymianę swoich zasobów np. na dodatkowe podejścia do kolokwίων czy karty wzorów.



Rys. 2. Tworzenie obiektu Moneta w kursie



Rys. 3. Zasoby własne widziane przez studenta

Wykładowca również może na bieżąco monitorować stan zasobów poszczególnych studentów, jak na rysunku 4.



Rys. 4. Zasoby studentów widziane przez wykładowcę

STASH pozwala również na wymianę zasobów między studentami, jednak opcja ta w naszej grze z oczywistych względów została zablokowana.

3.3. Ranking

Dane zgromadzone w kursie na platformie Moodle można wykorzystać do stworzenia rankingu gry, który dodatkowo motywuje studentów do systematycznej pracy i podnoszenia swojej pozycji na tle grupy. Sama platforma Moodle ani wspomniane wtyczki nie dają możliwości prezentowania pełnego rankingu wszystkich aktywności i zasobów studentów. Wtyczka STASH pozwala jedynie na wyświetlenie uproszczonego rankingu. Można jednak wykorzystać dane z całego kursu i utworzyć bardziej rozbudowane zastawienie. Aby zautomatyzować tworzenie rankingu na potrzeby naszej gry powstał autorski skrypt, który pobiera dane z platformy i tworzy tabelę w formie pliku html, co pozwala zamieścić go np. na stronie domowej wykładowcy. Ze względu na RODO każdy student występuje w rankingu pod wybranym wcześniej przez siebie pseudonimem, jak na rysunku 5.

Nick	Fanty	PD	M	PW
Queen of Elements		155 	3 	43 
Kwidzin0		134 	6 	29 
Dzikakulka		133 	4 	43 

Rys. 5. Fragment rankingu studentów

4. PODSUMOWANIE

Opisane wcześniej elementy grywalizacji zostały z powodzeniem zastosowane w kursach dla studentów wybranych kierunków Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Co więcej sami studenci stworzyli fabułę do pierwszych trzech tego typu kursów. Kurs algebry nosi nazwę Algebrokalipsa. Jego akcja toczy się w Szczecinie opanowanym przez hordę zombie. W mieście powstało pięć zagrożonych stref: Strefa Urojeń, Strefa Wymarłych Drzew, Strefa Matrixa, Strefa Kohorty, Strefa Aero. Celem gry jest przetrwać i uciec z zagrożonych terenów. Równie interesujące fabuły powstały do przedmiotów: wprowadzenie do analizy matematycznej (Na tropie wielkiego Analityka – scenariusz inspirowany Wiedźminem) oraz analiza matematyczna (Kwadraliza – na bazie gry Minecraft).

Na podstawie ankiety przeprowadzonej wśród studentów, którzy brali udział w zgrywalizowanych kursach,

można wnioskować, że taka formuła odpowiadała większości (88%). Ponad 72% ankietowanych uważało, że grywalizacja bardziej motywowała ich do nauki niż tradycyjne zajęcia. Zdecydowana większość studentów korzystała chętnie z dodatkowych aktywności, aby uzyskać więcej punktów i monet. Testy z zadaniami na dodatkowe monety wykonywało zawsze prawie 46%, a często – 27% studentów. Punkty wiedzy za testy z teorii starało się zdobyć 45 % studentów zawsze, a 24% – często. Doceniali oni również system rankingu oraz możliwość analizowania w dowolnym czasie pełnych rozwiązań każdego rodzaju zadań.

W naszej ocenie ogromny nakład czasu poświęcony na opracowania zgrywalizowanych zajęć nie był czasem straconym. Widzimy bowiem zdecydowanie większe zainteresowanie studentów samą matematyką oraz innowacyjną formą zajęć akademickich.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Getting started with STACK, <https://docs.stack-assessment.org/content/2019-STACK-Guide.pdf> (dostęp: 02.11.2020).
2. Sangwin C. J., Jones I.: Asymmetry in student achievement on multiple-choice and constructed-response items in reversible mathematics processes, *Educational Studies in Mathematics* vol. 94 (2017), s. 205–222.
3. Kucharska M., Perl M.: Platforma Moodle wspomagana systemem algebry komputerowej, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej* 71 (2020), s. 41–44.
4. https://docs.moodle.org/404/en/Stash_block (dostęp: 01.09.2024).

GAMIFICATION ON THE MOODLE PLATFORM

This article is dedicated to the possibilities of introducing gamification elements on the Moodle platform through the use of additional IT tools: a computer algebra system in STACK questions and the STASH plug-in. The STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) plug-in on the Moodle platform is used to automatically evaluate the answers entered by students in open-ended questions based on the Maxima computer algebra system. The STACK system allows you to obtain a complete solution to a randomly selected version of the question. The STASH plug-in allows you to create items on the Moodle platform and place them in the course for students to pick up and collect according to set rules. The course creator can specify in the location settings of a given item whether it is available for collection once or multiple times. We will also describe the schema of an example game with its activities, the method of assessment and course completion, based on our experience of working with students at the West Pomeranian University of Technology in Szczecin. In our opinion, the time spent on developing gamified courses has not been wasted. In fact, we see a far greater student interest in mathematics itself and in the innovative form of academic teaching.

Keywords: gamification, Moodle platform, STACK, STASH.

CZAS REAKCJI NA ZADANE PYTANIE W ZAKRESIE MATEMATYKI

Jacek STAŃDO

Politechnika Łódzka, Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki
e-mail: jacek.stando@p.lodz.pl

Streszczenie: Celem badania było zaobserwowanie związku między czasem rozwiązania zadań z zakresu matematyki a poziomem wiedzy i umiejętności z matematyki. Badanie pokazuje, że nie zawsze czas rozwiązania zadania dla uczniów o wysokim poziomie umiejętności jest krótszy niż dla uczniów o niższym poziomie umiejętności.

Słowa kluczowe: czas reakcji, zadania egzaminacyjne, pomiar efektów uczenia się z matematyki.

1. WPROWADZENIE

1.1. Czas reakcji

Czas reakcji to, czas między bodźcem a reakcją. W kontekście rozwiązania zadania, to czas między zapoznaniem się z problemem a jego rozwiązaniem. Innymi słowy, to „CZAS NA WYKONANIE ZADANIA”. W psychometrii czasy reakcji wykorzystuje się do lepszego oszacowania zdolności uczniów uzyskanych na podstawie testów edukacyjnych.

W systemach komputerowych: czas reakcji, to czas potrzebny komputerowi na przetworzenie polecenia lub wyświetlenie wyniku. W połączeniach sieciowych: to czas potrzebny na przesłanie danych między urządzeniami w sieci. W naukach społecznych monitorowanie zdolności poznawczych w badaniach populacyjnych zyskuje coraz większą uwagę. Badania pokazują, że czasy reakcji uczestników na pytania w ankietach internetowych mogą być wykorzystane do wnioskowania o ich zdolnościach poznawczych [3]. Czas reakcji wykorzystano także do pomiaru szybkości percepcyjnej w standaryzowanych testach poznawczych,

Wykazano, [4], że średnie czasy reakcji w prostych zadaniach przewidywać zdolności poznawcze wyższego rzędu mierzone testami inteligencji psychometrycznej.

1.2. Pytanie i hipoteza badawcza

Pytanie badawcze: Jaki jest związek między umiejętnościami w zakresie matematyki a czasem reakcji?

Hipoteza badawcza: Istnieją zadania, w których czas reakcji dla uczniów z wysokimi wynikami (umiejętnościami matematycznymi) jest dłuższy niż czas reakcji dla uczniów z niższymi wynikami.

2. BADANIE

2.1. Opis próby

W dniach 10-20 maja 2022 roku odbyło się ogólnopolskie badanie w formie próbnego egzaminu ósmoklasisty z matematyki. Inicjatywa ta, objęta patronatem

Rektora Politechniki Łódzkiej oraz Stowarzyszenia Nauczycieli Matematyki, miała na celu zdiagnozowanie poziomu wiedzy matematycznej uczniów kończących szkołę podstawową. Autor, jako główny pomysłodawca i twórca zadań egzaminacyjnych, zapewnił, że pytania były zgodne z obowiązującą podstawą programową. Wszystkie zadania przeszły rygorystyczną weryfikację przeprowadzoną przez specjalistów z Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej w Łodzi.

Uczestnikami badania było 6827 uczniów ósmych klas szkół podstawowych i stanowili oni 1,4% całej populacji uczniów na danym poziomie edukacyjnym w Polsce, rys. 1.



Rys. 1. Mapa z zaznaczonymi szkołami biorącymi udział w badaniu

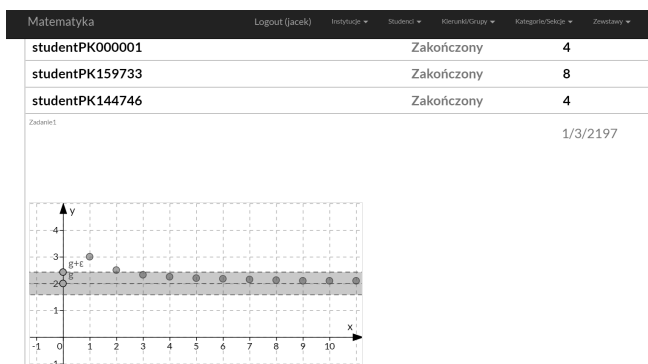
Do udziału w próbnym egzaminie ósmoklasisty, przeprowadzonego online w czasie rzeczywistym, zostało wysłane zaproszenie do wszystkich szkół podstawowych. Dane szkół pochodziły z bazy Systemu SIO.

2.2. Metodologia badania

Test online został przeprowadzony na platformie Math4you. Platforma została stworzona do obsługi tzw. zadań generatorowych [1]. Została ona wyposażona dodatkowo w możliwość pomiaru czasu rozwiązania zadania oraz liczby wejść do wybranego zadania, rys. 2.

W prawym górnym rogu (1/3/2197) znajduje się informacja o:

- Liczbie punktów za zadanie
- Liczbie wejść do zadania wybranego ucznia
- Czas rozwiązania zadania (milisekundy) dla wybranego ucznia

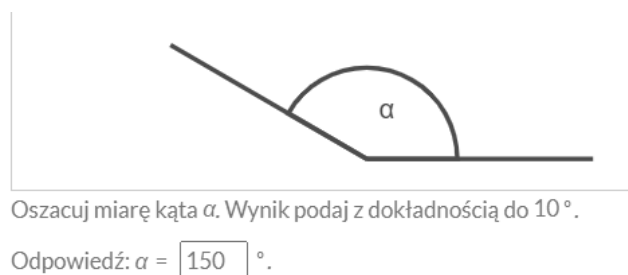


Rys. 2. Rzut ekranu z Platformy Math4you

Analizę czasów przeprowadzono dla poprawnie rozwiązanych zadań [2]. Uczniowie lepsi (z wyższymi wynikami), to uczniowie którzy osiągnęli wyniki z całego testu powyżej mediany, a słabsi (z niższymi wynikami), to uczniowie, którzy osiągnęli wyniki poniżej mediany lub równe medianie.

2.3. Rezultaty

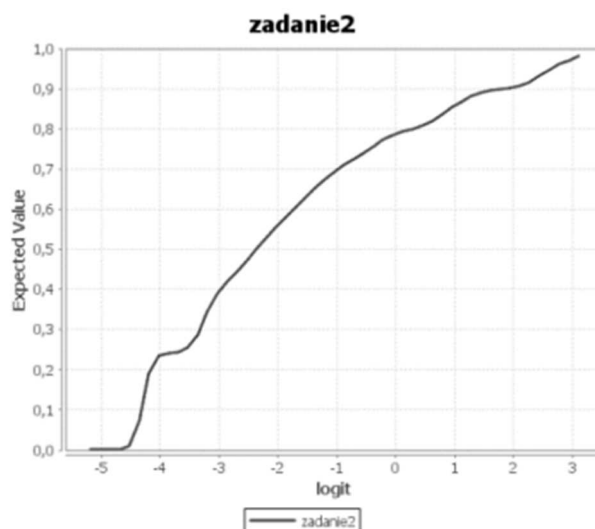
Próbny egzamin ósmoklasisty składał się z 19 zadań. Krzywa charakterystyczna [1], treść zadania 2 zostały przedstawione na rys. 3 i 4.



Rys. 3. Zadanie na szacowanie wartości kąta– próbny egzamin ósmoklasisty

Każde zadanie testowe mierzyło zaplanowany efekt uczenia się, których walidację wykonano przy użyciu zadań generatorowych [1]. Z testu można było uzyskać maksymalnie 24 punkty. W Zadaniu 2 (jednopunktowym) otwartym założono efekt uczenia się: szacuje wartość kąta.

Warto zaznaczyć, że zadanie to spełniało tzw. walidację efektu uczenia się.



Rys. 4. Krzywa charakterystyczna zadania 2

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Do prawidłowego rozwiązania zadań jednopunktowych prawie w każdym przypadku uczniowie, którzy osiągają lepsze wyniki, potrzebują mniej czasu na rozwiązanie zadania [1].

Są zadania (jednopunktowe), w których uczniowie lepsi potrzebowali więcej czasu na rozwiązanie zadania np. na szacowanie wartości kąta na podstawie rysunku.

Przyczyn tych wyników można upatrywać w tym, że uczniowie

- z lepszymi wynikami chcieli dokładniej oszacować wartość kąta,
- słabsi w mniejszym stopniu zaangażowali się w rozwiązanie testu.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Stańdo J.: Trajektorie i walidacja efektów uczenia się w kontekście Polskiej Ramy Kwalifikacji., Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2019.
2. Pelánek R.: Leveraging response times in learning environments: opportunities and challenges. *User Model User-Adap Inter* (2023).
3. Junghaenel D. U., Schneider S., Orriens B., Jin H., Lee P. J., Kapteyn A., ..., Stone A. A.: Inferring cognitive abilities from response times to web-administered survey items in a population-representative sample. *Journal of Intelligence*, 11(1), 3 (2022).
4. Schulz-Zhecheva Y., Voelkle M. C., Beauducel A., Biscaldi M., Klein C.: Predicting fluid intelligence by components of reaction time distributions from simple choice reaction time tasks. *Journal of Intelligence*, 4(3), 8 (2016).

RESPONSE TIME TO A QUESTION IN MATHEMATICS

The aim of the study was to observe the relationship between the time of solving tasks in mathematics and the level of knowledge and skills in mathematics. The study shows that the time of solving the task for students with a high level of skills is not always shorter than for students with a lower level of skills..

Keywords: response time, exam tasks, measuring learning outcomes in mathematics.

OD HALUCYNACJI DO RZETELNYCH ROZWIĄZAŃ: JAK ZWIĘKSZYĆ WIARYGODNOŚĆ ODPOWIEDZI CHATGPT W NAUCZANIU MATEMATYKI

Marek MAŁOLEPSZY

Politechnika Łódzka, Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki
tel.: 42 631 36 14 e-mail: marek.malolepszy@p.lodz.pl

Streszczenie: Jednym z głównych zarzutów stawianych ChatGPT są jego halucynacje. W artykule przedstawiono wyniki pilotażowego badania, mającego na celu zwiększenie wiarygodności odpowiedzi generowanych przez ChatGPT. Badanie dotyczyło obliczania całek nieoznaczonych. Przeanalizowano liczbę poprawnych odpowiedzi uzyskanych w trzech etapach: w pierwszym podejściu, po weryfikacji oraz po zastosowaniu procedury polegającej na powtarzaniu procesu weryfikacji, aż do uzyskania dwóch identycznych wyników z rzędu. Wyniki badania wskazują, że weryfikacja oraz opisana procedura istotnie poprawiają jakość odpowiedzi. Niemniej jednak, mimo wzrostu liczby poprawnych odpowiedzi, ich ostateczny odsetek nadal pozostaje niezadowalający.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, ChatGPT, halucynacje.

1. WPROWADZENIE

Rozwój sztucznej inteligencji (SI) w ostatnich latach przyczynił się do powstania zaawansowanych modeli językowych, takich jak ChatGPT, które potrafią generować teksty, uczestniczyć w konwersacjach na różnorodne tematy oraz rozwiązywać złożone zadania [1]. Jeden z obszarów o dużym potencjale zastosowań SI stanowi edukacja, gdzie możliwość generowania odpowiedzi na pytania i uzyskiwania szczegółowych wyjaśnień otwiera nowe perspektywy w procesie nauczania [2]. Naukowcy zwracają uwagę, że technologia wymusi wprowadzenie zmian w szkołach i na uczelniach z uwagi na jej potencjał i znaczne korzyści jakie może przynieść w nauczaniu i uczeniu się matematyki oraz innych dziedzin [3]. Jednocześnie pojawiają się pytania i wątpliwości dotyczące niezawodności oraz dokładności tego typu narzędzi [4]. Jednym z głównych zarzutów wobec modeli językowych, takich jak ChatGPT, jest ich skłonność do tzw. halucynacji [5], czyli generowania odpowiedzi niezgodnych z rzeczywistością, które są przedstawiane w sposób na tyle przekonujący, że mogą być mylnie uznane za prawdziwe. To zjawisko budzi szczególne obawy w kontekście wykorzystania SI w edukacji i nauce [6], gdzie kluczowe znaczenie mają precyzja oraz wiarygodność dostarczanych informacji. W rezultacie, wiarygodność generowanych odpowiedzi staje się priorytetowym zagadnieniem, wymagającym dalszych badań i rozwoju strategii minimalizujących ryzyko tworzenia treści nieprawdziwych.

Modele językowe wciąż wymagają udoskonalenia, aby osiągnęły poziom rozumowania matematycznego porównywalny z ich zdolnościami przetwarzania języka

naturalnego [7]. Chociaż mogą być użyteczne jako narzędzia wspomagające dla zaawansowanych użytkowników, którzy potrafią ocenić poprawność wyników [8], to mniej doświadczeni użytkownicy mogą napotkać trudności w ich efektywnym wykorzystaniu. Ważne jest zatem, aby zweryfikować, w jakim stopniu odpowiedzi generowane przez model są poprawne oraz jak skutecznie można na nich polegać w praktyce edukacyjnej. Istotne jest także zidentyfikowanie metod wykorzystania modeli językowych w sposób, który pozwala na uzyskiwanie jak najlepszych rezultatów.

W niniejszym artykule opisujemy eksperyment mający na celu zbadanie skuteczności ChatGPT w poprawianiu rozwiązań zadań związanych z obliczaniem całek nieoznaczonych. W szczególności analizujemy, w jakim stopniu zastosowanie procedury weryfikacyjnej wpływa na poprawę dokładności odpowiedzi generowanych przez model.

2. METODOLOGIA

Badanie zostało zaprojektowane w celu analizy skuteczności modelu ChatGPT w obliczaniu całek nieoznaczonych oraz oceny możliwości podwyższenia jakości generowanych odpowiedzi. Obliczenia przeprowadzono w czerwcu 2024 roku z wykorzystaniem modelu GPT-4o. We wszystkich poleceniach zastosowano język angielski.

Całki wybrane do badania pochodziły z arkusza, z którego autor korzysta podczas zajęć dydaktycznych prowadzonych ze studentami kierunków Mechanika i Budowa Maszyn oraz Automatyka i Robotyka w ramach przedmiotu Matematyka 1 realizowanego na pierwszym semestrze studiów stacjonarnych na Politechnice Łódzkiej. Do badania pilotażowego wybrano 10 całek uznanych przez studentów za trudniejsze, dla których model ChatGPT podczas wcześniejszych testów wygenerował co najmniej jedną błędną odpowiedź. Całkowane funkcje obejmowały funkcje wymierne, niewymierne, trygonometryczne, cyklometryczne, wykładnicze, logarytmiczne oraz ich złożenia. Należy zaznaczyć, że wiele z prostszych całek zostało przez model rozwiązanych poprawnie.

Każda z wybranych całek była obliczana według następującej procedury:

1. **Pierwsza próba:** ChatGPT został poproszony o obliczenie całki. Wynik tej próby został zapisany i oceniany pod kątem poprawności.
2. **Druga próba:** Po pierwszej próbie, ChatGPT został poproszony o sprawdzenie poprawności swojego rozwiązania. Celem tej próby było zbadanie czy model jest w stanie zidentyfikować i poprawić własne błędy. Wynik tej próby również został zapisany i oceniony.
3. **Procedura weryfikacyjna:** W przypadku, gdy odpowiedzi uzyskane w pierwszej i drugiej próbie różniły się, ChatGPT był proszony o dalszą weryfikację uzyskanego rozwiązania. Procedurę kontynuowano do momentu uzyskania dwóch identycznych wyników z rzędu, które uznawano za ostateczną odpowiedź modelu. Ten krok umożliwił ocenę stabilności wyników oraz analizę zdolności modelu do poprawiania wcześniejszych odpowiedzi.
4. **Niezależność obliczeń:** W celu zapobieżenia wpływowi wcześniejszych obliczeń na późniejsze wyniki, przed każdym kolejnym zastosowaniem procedury dla danej całki zamykano bieżący czat i otwierano nowy. Dzięki temu każde kolejne zastosowanie procedury było całkowicie niezależne od poprzednich.

Każda z całek została poddana opisanej procedurze 50 razy. Dane te zostały następnie zebrane i przeanalizowane pod kątem częstości uzyskiwania poprawnych odpowiedzi w każdym z etapów.

Jedną z metod redukcji błędów jest technika samospójności (ang. self-consistency), polegająca na wielokrotnym wywołaniu modelu i uznaniu za poprawną najczęściej powtarzającej się odpowiedzi [9]. Wymaga ona uzyskania dostatecznie dużej liczby rozwiązań, na podstawie których można wskazać odpowiedź prawidłową. Metoda zaproponowana w niniejszym artykule stanowi pewną modyfikację techniki samospójności polegającą na mniejszej liczbie generowanych odpowiedzi (do momentu uzyskania dwóch takich samych wyników z rzędu), co pozwala na uniknięcie nadmiernego obciążania modelu.

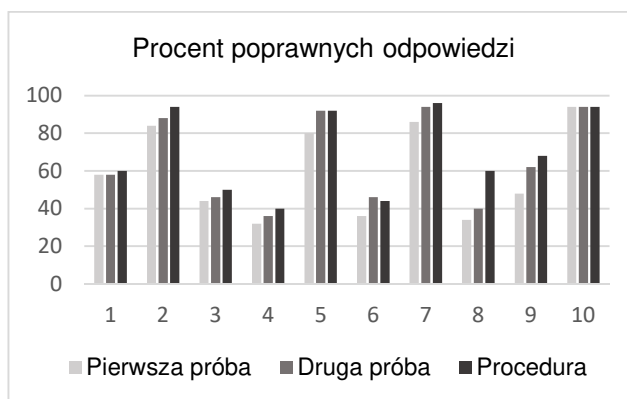
3. WYNIKI

Wyniki eksperymentu zostały zestawione w tabeli 1, która przedstawia procent poprawnych rozwiązań uzyskanych w pierwszej próbie, w drugiej próbie oraz po zastosowaniu procedury weryfikacyjnej.

Tabela 1. Procent poprawnych odpowiedzi uzyskanych podczas badania.

L.p.	Pierwsza próba (%)	Druga próba (%)	Procedura (%)
1	58	58	60
2	84	88	94
3	44	46	50
4	32	36	40
5	80	92	92
6	36	46	44
7	86	94	96
8	34	40	60
9	48	62	68
10	94	94	94

Dla lepszego zobrazowania wyniki eksperymentu przedstawiono w formie graficznej na rysunku 1.



Rys. 1. Procent poprawnych odpowiedzi dla poszczególnych całek

Pierwsza próba:

Średni procent poprawnych odpowiedzi w pierwszej próbie wyniósł 59,6%. Model językowy wykazał umiarkowaną skuteczność w obliczaniu całek na tym etapie (dla rozważanego zestawu całek). Rozpiętość wyników była znacząca, z najniższym wynikiem 32% (dla całki nr 4), a najwyższym 94% (dla całki nr 10). Sugeruje to, że ChatGPT ma duże trudności z całkowaniem niektórych funkcji.

Druga próba:

W drugiej próbie, w której model został poproszony o weryfikację swoich wcześniejszych wyników, średni procent poprawnych odpowiedzi był równy 65,6%. Największa poprawa nastąpiła w przypadku całki nr 9, gdzie wynik wzrósł z 48% do 62%. W dwóch przypadkach (nr 1 i nr 10) odsetek poprawnych odpowiedzi nie uległ zmianie.

Ogólny wzrost liczby poprawnych odpowiedzi sugeruje, że ChatGPT korzysta z procesu weryfikacji swoich wyników, choć skuteczność tej weryfikacji nie była jednolita. W niektórych przypadkach (całki nr 1 i nr 10) model nie był w stanie poprawić błędów, co może sugerować trudności w zidentyfikowaniu problemów we wcześniejszych rozwiązaniach.

Procedura weryfikacyjna:

Po zastosowaniu pełnej procedury weryfikacyjnej, polegającej na uzyskaniu dwóch identycznych wyników z rzędu, średni odsetek poprawnych odpowiedzi wzrósł do 69,8%. Oznacza to znaczącą poprawę w stosunku do pierwszej próby o 6 punktów procentowych i 4,2 punktu procentowego w porównaniu z drugą próbą. W rezultacie, procedura weryfikacyjna zwiększyła liczbę poprawnych odpowiedzi średnio o 10,2 punktu procentowego w stosunku do początkowej sytuacji.

Największa poprawa, w odniesieniu zarówno do pierwszej jak i drugiej próby nastąpiła dla całki nr 8 odpowiednio o 26 i 20 punktów procentowych. W jednym przypadku nastąpił spadek liczby poprawnych odpowiedzi i dotyczyło to całki nr 6 w odniesieniu do drugiej próby - spadek o 2 punkty procentowe. Przy czym w tym przypadku, zastosowanie omawianej procedury dało pozytywny efekt w porównaniu z pierwszą próbą (wzrost o 8 punktów procentowych).

Tabela 2. Zmiany w procencie poprawnych rozwiązań po ich weryfikacji.

L.p.	Zmiana po drugiej próbie (pp)	Zmiana po procedurze względem drugiej próby (pp)	Zmiana po procedurze względem pierwszej próby (pp)
1	0	2	2
2	4	6	10
3	2	4	6
4	4	4	8
5	12	0	12
6	10	-2	8
7	8	2	10
8	6	20	26
9	14	6	20
10	0	0	0

4. PRZYKŁAD BŁĘDU

Analiza błędów popełnianych przez ChatGPT podczas obliczania całek zostanie szerzej przedstawiona w odrębnym artykule. W tym miejscu zwrócimy uwagę tylko na jeden rodzaj błędu.

Podczas obliczania całki ChatGPT często rozdziela ją na sumę lub różnicę kilku całek, czasami poprzedzonych współczynnikiem liczbowym. Po obliczeniu każdej z tych całek model łączył wyniki. Powtarzającym się błędem było to, że pomimo początkowego podziału całki na różnicę, w końcowej fazie rozważana była suma. Dodatkowo, zdarzało się, że współczynniki liczbowe były pomijane. Ponadto, w przypadku obliczania całki przez jej przekształcenie (często poprzez odpowiednie podstawienie), gdy w wyniku tych przekształceń pojawiał się współczynnik liczbowy, zdarzało się, że model pomijał ten współczynnik w końcowej fazie rozwiązania.

Przykładem całki, w obliczaniu której pojawiał się opisany błąd (pominięcie współczynnika przed całką) jest

$$\int \frac{1}{x^3} e^{-\frac{1}{x}} dx$$

ChatGPT stosował podstawienie

$$u = \frac{1}{x}$$

i w ten sposób otrzymywał

$$-\int u e^{-u} du$$

Następnie obliczał tę całkę pomijając minus przed nią i wrócił do podstawienia, ale bez uwzględnienia znaku (współczynnika -1).

Tego rodzaju błędy można stosunkowo łatwo wychwycić podczas analizy rozwiązania, ponieważ wynikają one nie z braku umiejętności obliczenia całki, lecz z tzw. „ludzkiego błędu” w przepisaniu.

5. DYSKUSJA I WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonego badania dostarczają istotnych informacji na temat możliwości poprawy skuteczności modelu ChatGPT w rozwiązywaniu problemów matematycznych, zwłaszcza obliczaniu całek nieoznaczonych. Analiza trzech etapów (pierwsza próba, druga próba oraz procedura weryfikacyjna) pokazuje, że model wykazuje zdolność do poprawy swoich wyników w miarę sprawdzania rozwiązań.

Średnia poprawność w pierwszej próbie wyniosła 59,6%, co sugeruje, że model początkowo radzi sobie umiarkowanie dobrze z rozwiązywaniem takich zadań. Wzrost do 65,6% w drugiej próbie wskazuje na efektywność weryfikacji wyników przez model. Procedura weryfikacyjna, która podniosła średnią poprawność do 69,8%, pokazuje dalszy potencjał do poprawy wyników, ale osiągnięta poprawa ostatecznie nie jest zadowalająca. Skuteczność narzędzia była zależna od rodzaju funkcji i dla niektórych całek wyniosła zaledwie około 40%.

Należy zwrócić uwagę, że badanie skupiło się na tych całkach, dla których ChatGPT podał przynajmniej jedną błędną odpowiedź. W ten sposób wyeliminowano całki dla których skuteczność modelu wyniosła 100%. Dlatego też, wyniki nie odzwierciedlają pełnej skuteczności modelu w obliczaniu całek nieoznaczonych. W rzeczywistości, wiele z prostszych całek z tego samego zestawu zostało rozwiązanych bezbłędnie, co świadczy o zdolności ChatGPT do poprawnego rozwiązywania pewnych typów problemów matematycznych. Ograniczenie to jest kluczowe dla interpretacji wyników – nie pozwala ono na wyciągnięcie szerokich wniosków dotyczących globalnej skuteczności modelu w obliczaniu całek, a jedynie w odniesieniu do trudniejszych przypadków, z którymi model ma problem.

Ze względu na pilotażowy charakter badania oraz ograniczoną liczbę analizowanych całek, nie można jeszcze formułować ogólnych wniosków. Niemniej jednak, już na tym etapie widoczny jest potencjał ChatGPT jako narzędzia wspomagającego proces nauczania, szczególnie w obszarze matematyki. W przypadku analizowanego zestawu całek, proces weryfikacji odpowiedzi zwiększył prawdopodobieństwo uzyskania poprawnych wyników.

W kolejnych etapach badania planowane jest przeprowadzenie eksperymentu na większej próbie, co pozwoli na bardziej wszechstronną analizę oraz sformułowanie ogólniejszych wniosków dotyczących skuteczności ChatGPT w weryfikacji odpowiedzi przy rozwiązywaniu zadań matematycznych.

6. BIBLIOGRAFIA

1. OpenAI o1 <https://openai.com/> (data dostępu 29.08.2024)
2. Halaweh, M.: ChatGPT in education: Strategies for responsible implementation. *Contemporary Educational Technology*, 2023, 15(2), ep421.
3. Voskoglou, M. G., Salem A. B. M.: Benefits and Limitations of the Artificial with Respect to the Traditional Learning of Mathematics. *Mathematics* 2020, 8, 611.
4. Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., Jarrah, A. M.: ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2023, 19(7), em2286.

5. Lo C.K.: What Is the Impact of ChatGPT on Education? A Rapid Review of the Literature. *Education Sciences*. 2023, 13(4):410.
6. Chelli M., Descamps J., Lavoué V., Trojani C., Azar M., Deckert M., Raynier J.L., Clowez G., Boileau P., Ruetsch-Chelli C.: Hallucination Rates and Reference Accuracy of ChatGPT and Bard for Systematic Reviews: Comparative Analysis, *Journal of Medical Internet Research* 2024; 26:e53164.
7. Cheng V., Yu Z.: Analyzing ChatGPT's Mathematical Deficiencies: Insights and Contributions. In *Proceedings of the 35th Conference on Computational Linguistics and Speech Processing (ROCLING 2023)*, s. 188-193, Taipei City, Taiwan. The Association for Computational Linguistics and Chinese Language Processing (ACLCLP).
8. Frieder S., Pinchetti L., Chevalier A., Griffiths R., Salvatori T., Lukasiewicz T., Petersen P., Berner J.: Mathematical capabilities of ChatGPT. In *Proceedings of the 37th International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS '23)*. Curran Associates Inc., Red Hook, NY, USA, Article 1205, 2024, s. 27699-27744.
9. Pardos Z. A., Bhandari S.: ChatGPT-generated help produces learning gains equivalent to human tutor-authored help on mathematics skills. *PLoS ONE* 2024 19(5): e0304013.

FROM HALLUCINATIONS TO RELIABLE SOLUTIONS: HOW TO INCREASE THE CREDIBILITY OF CHATGPT'S RESPONSES IN MATHEMATICS EDUCATION

One of the main criticisms of ChatGPT is its tendency to hallucinate. This paper presents the results of a pilot study aimed at improving the reliability of answers generated by ChatGPT. The study focused on solving indefinite integrals. The number of correct answers obtained was analysed at three stages: in the initial attempt, after verification, and after applying a procedure in which the verification process was repeated until two identical results were obtained consecutively. The results indicate that verification and the described procedure significantly improve the quality of the responses. However, despite an increase in the number of correct answers, the final percentage of correct responses remains unsatisfactory.

Keywords: artificial intelligence, ChatGPT, hallucinations.

WSPÓŁCZESNE METODY NAUCZANIA MATEMATYKI NA UNIWERSYTETACH AMERYKAŃSKICH

Ivona GRZEGORCZYK

Department of Mathematics, California State University Channel Islands
tel.: +1 805 4029612 e-mail: ivona.grze@csuci.edu

Streszczenie: Większość studentów rozpoczynających studia nie jest odpowiednio przygotowana do wykładów na poziomie akademickim. Wiele amerykańskich uniwersytetów zmodyfikowało nauczanie matematyki i innych przedmiotów ścisłych przez wprowadzenie innowacyjnych metod, które bazują między innymi na użyciu nowych technologii edukacyjnych, Internetu, projektów, prac grupowych i zróżnicowanego oceniania. Rezultaty pokazują wzrost zainteresowania przedmiotem i lepsze wyniki nauczania, jak również większy procent studentów zaliczających kursy. W artykule omawiamy niektóre z tych modyfikacji i podajemy przykłady.

Słowa kluczowe: nauczanie matematyki uniwersyteckiej, innowacje pedagogiczne, technologia, interaktywne nauczanie.

1. MOTYWACJA

1.1. Motywacja

Większość amerykańskich szkół wyższych zaobserwowała spadek poziomu przygotowania studentów przychodzących na pierwszy rok studiów (dotyczy to zwłaszcza matematyki). Dodatkowe kursy uzupełniające okazały się kosztowne i nie przynosiły oczekiwanych rezultatów [1]. Zdecydowano się więc na zmiany w metodologii nauczania – od wykładów prowadzonych przez instruktora przy tablicy do interaktywnych zajęć bazujących na wykorzystaniu nowych technologii edukacyjnych. Dla przykładu w 2013 roku ponad 30% studentów z California State University (z ponad 450 tys. wszystkich studentów na tym uniwersytecie) nie zaliczyło kursów z matematyki, inżynierii czy innych nauk ścisłych i musiało je powtórzyć [2]. Wprowadzono zatem kursy uzupełniające do wykładów dla studentów w celu wyrównania poziomu [3]. Kursy te często wspomagane były nowoczesnymi narzędziami technologicznymi [4].

Podstawowe powody obecnych zmian w nauczaniu w czasie początkowych lat studiów to:

1. studenci nie są przygotowani do formalnych kursów uniwersyteckich (zwłaszcza po pandemii Covid-19)
2. studenci nie są samodzielni w myśleniu krytycznym
3. konieczność efektywnego ujednolicenia przygotowania do kontynuowania nauki
4. zapoznanie studentów z technologiami edukacyjnymi
5. wspieranie pracy zespołowej
6. koncentracja na zadaniach wielostopniowych
7. krytyczne używanie Internetu
8. używanie AI (sztucznej Inteligencji)
9. przygotowanie do zawodu.

1.2. Przyjmowanie studentów na studia wyższe

Kryteria przyjmowania na studia w Stanach Zjednoczonych mogą się nieco różnić w zależności od stanu i uniwersytetu. Dla przykładu kryteria stosowane w Kalifornii na uczelniach stanowych wymagają, aby studenci zaliczyli co najmniej 3-letni kurs matematyki oraz zdali obowiązkowe egzaminy ukończenia szkoły średniej.

1.3. Przykłady modyfikacji nauczania

W ciągu ostatnich kilku lat prawie wszystkie uniwersytety amerykańskie zakupiły platformy edukacyjne do wykładów (tzw. *Classroom Management System*; na przykład CANVAS czy *Blackboard*), które umożliwiają instruktorom bezpośrednie komunikowanie się ze studentami na danym kursie przez Internet, publikowanie materiałów z wykładów (w tym wideo i filmów), testów (*multiple choice* sprawdzanych przez komputer, lub *write-in* sprawdzanych przez nauczyciela), zadań domowych (które studenci przesyłają do systemu), używanie forum dyskusyjnego, itp. Z powodu wymogu zdalnej nauki podczas pandemii systemy te zostały powszechnie wdrożone, dzięki temu dzisiaj studenci i wykładowcy nie mają problemu z ich używaniem. Dodatkowo, wszyscy mają dostęp do aplikacji umożliwiających wideokonferencje (na przykład *Zoom* czy *Teams*) ułatwiających prowadzenie zdalnych wykładów, spotkań i dyskusji oraz nagrywanie ich w razie potrzeby.

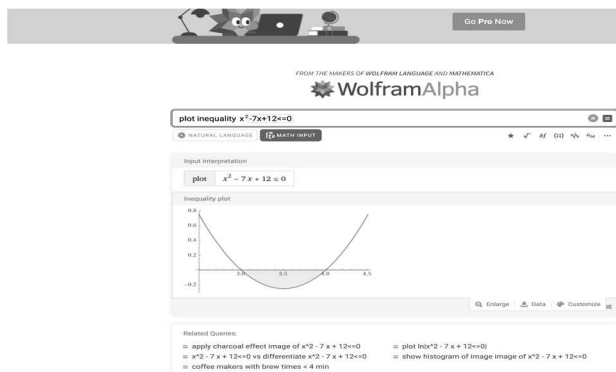
Poniżej podajemy przykłady modyfikacji metod nauczania, które albo zastępują wykład albo go urozmaicają. W dalszej części artykułu omówimy niektóre z nich.

1. Powszechne używanie programów komputerowych.
2. Wizualizacja.
3. Krótkie wideo wykłady (udostępniane w Internecie).
4. Odwrócone nauczanie (*Flipped classroom*).
5. Omawianie przykładów i dyskusje.
6. Quizy rozwiązywane samodzielnie online.
7. Quizy rozwiązywane w sali wykładowej w formie rywalizacji.
8. Grupowe zadania z indywidualnymi ocenami, *Rich Tasks*.
9. Indywidualne projekty, *Open book, open mouth*.
10. Używanie AI dla porównania i udoskonalenia odpowiedzi.
11. Prezentacje i artykuły końcowe.
12. Duże laboratoria do indywidualnej nauki (*Emporia*).
13. *Massive Open Online Courses* (MOOCs).
14. Materiał przygotowawczy (przed albo w czasie wykładu).

2. PROGRAMY KOMPUTEROWE

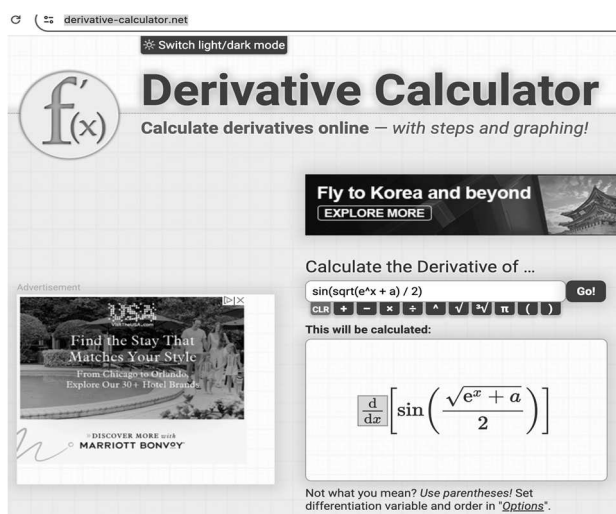
2.1. Używanie programów internetowych do obliczeń

Obecnie istnieje wiele stron internetowych, które udostępniają możliwość obliczeń algebraicznych, czy różniczkowania i całkowania funkcji. Większość jest ogólnie dostępna i bezpłatna (np. *Wolfram Alpha*, czy *Derivative-Calculator.net*).

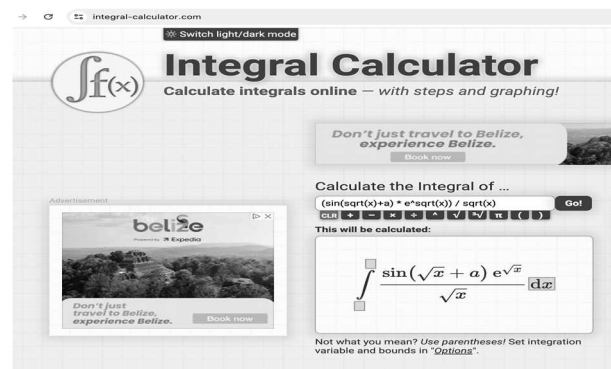


Rys. 1. Strona internetowa *Wolfram Alpha*

Większość z nich jest łatwa w użyciu i nie wymaga znajomości programowania czy specjalnego języka. Wielu wykładowców pozwala studentom robić obliczenia komputerowo.



Rys. 2. Liczenie pochodnych funkcji



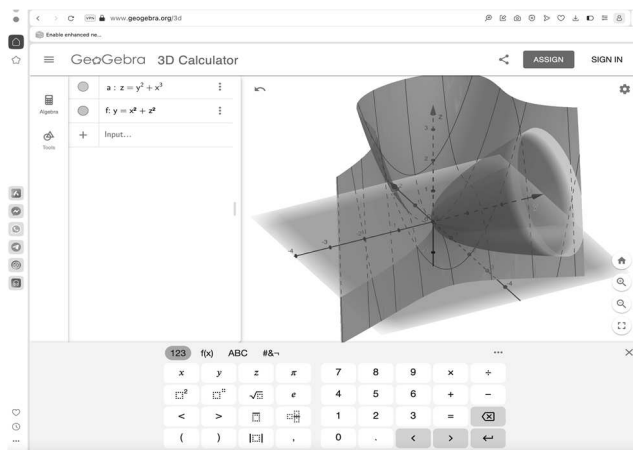
Rys. 3. Liczenie całek oznaczonych i nieoznaczonych

Jak widać na rys. 1, 2 i 3 programy obliczeniowe stosuje się w nawet dość skomplikowanych sytuacjach. Bardziej

zaawansowani studenci mogą korzystać z płatnych programów takich jak *Mathematica*, *Maple* czy *MatLab* zakupionych i udostępnianych przez uczelnie. Do analizy danych i statystyki studenci uczą się operować takimi programami jak *Excel*, *Google sheets*, *SPSS*, *SAS*, czy *R*, których mogą używać w różnych sytuacjach, w projektach czy podczas zajęć i wykładów.

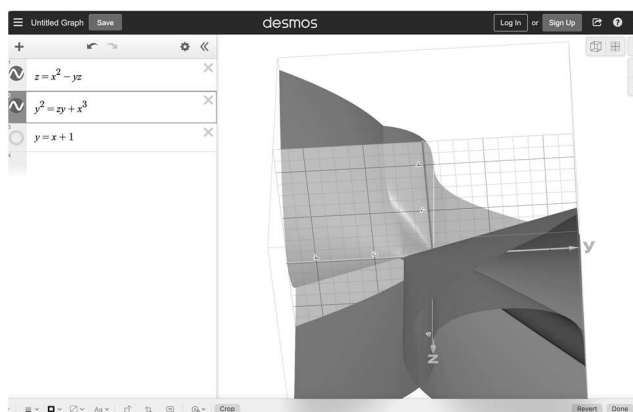
2.2. Wizualizacja

Już od pierwszego semestru studenci używają oprogramowania do wizualizacji różnorodnych wykresów równań i danych. Łatwe w użyciu darmowe programy do tworzenia zarówno dwu jak i trójwymiarowych wykresów, takie jak *Desmos*, *Geogebra*, *Surfer* udostępnione są w Internecie; *QuickGraph* działa na urządzeniach mobilnych.



Rys. 4. Powierzchnia w programie *GeoGebra*

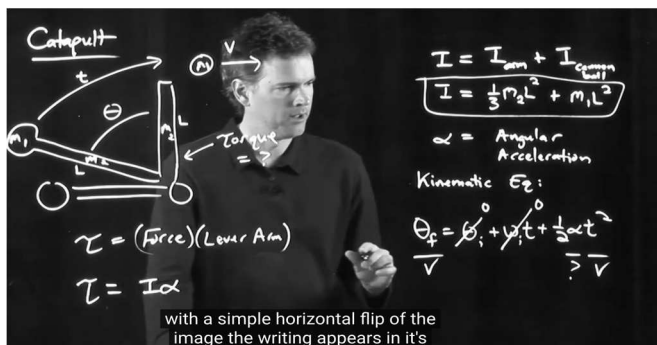
Programy graficzne takie jak *Maple*, *MatLab* czy *Wolfram Alpha* są udostępniane studentom przez uczelnie w laboratoriach komputerowych lub na indywidualnych laptopach. Jednakże wymagają one znajomości odpowiedniego języka programowania oraz wykupienia płatnej wersji.



Rys. 5. Wykresy kilku równań w programie *Desmos*.

2.3. Wykłady na wideo

Wielu wykładowców nagrywa krótkie wideoklipy, których używa w czasie zajęć, do studenckich projektów czy do prac domowych (nagrywane zazwyczaj kamerą komputera na *Zoom*'ie czy nawet telefonem). Niektórzy nagrywają i udostępniają studentom całe swoje wykłady (często nagrywane z użyciem specjalnego sprzętu zwanego *Learning Glass Technology*, który daje wrażenie jakby instruktor pisał na szkło stojąc przodem do słuchaczy).



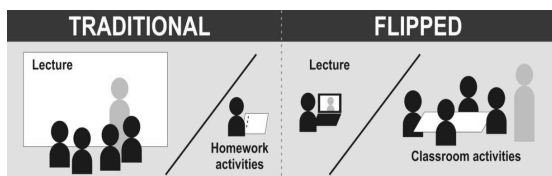
Rys. 6. Wykład nagrany używając *Learning Glass Technology*

Nagrania te pozwalają studentom odtwarzać materiał wielokrotnie, w dowolnym czasie i we własnym tempie.

3. FLIPPED CLASSROOM I PODOBNE MODELE

3.1. Odwrócone nauczanie

Flipped Classroom czyli *Odwrócone Nauczanie* zamienia role wykładu i pracy domowej. Stosowane jest głównie w czasie zajęć ze studentami pierwszego roku, w celu zaangażowania ich w proces uczenia, wyrównania braków w ich wiedzy i rozwinięcia współpracy. Studenci oglądają wideo z nowym materiałem jako formę pracy domowej odpowiadając na parę prostych pytań, a na wykładzie w grupach czy indywidualnie rozwiązują zadania i prowadzi dyskusje pod nadzorem instruktora. Pod koniec zajęć każdy student podsumowuje wykład pisząc krótki raport. Na poziomie uniwersyteckim metoda ta daje szczególnie dobre wyniki w przypadku studentów słabo przygotowanych. Wymaga jednak dodatkowego nakładu pracy ze strony instruktora przygotowującego materiały.



Rys. 7. Wykład tradycyjny vs. wykład odwrócony

3.2. Metoda Emporium i programy edukacyjne adoptujące się do poziomu studenta

Ten model bazuje na użyciu specjalnych lekcji w systemie komputerowym, do którego student ma dostęp w każdym momencie, a jego postępy są monitorowane przez odpowiednie testy. Uniwersyteckie laboratoria *Emporium* mają zazwyczaj bardzo dużo komputerów (np. 100-150) i zatrudniają instruktorów pomagających studentom, którzy mają problemy z rozwiązywaniem zadań. Ten model nie jest jednak powszechnie stosowany ze względu na koszty programów (np. *ALEKS*, *EReady*) i używany jest zazwyczaj w ramach kursów przygotowawczych, kiedy większość kosztów ponoszą studenci, którzy uczą się w dowolnym czasie, we własnym tempie (często używając własnych laptopów).

4. PROJEKTY INDYWIDUALNE I GRUPOWE

4.1. Rich problems

Wielu instruktorów przeznacza część wykładu na rozwiązywanie (indywidualnie lub w grupach) problemów złożonych i wielostopniowych, tzw. *Rich problems*. Studenci

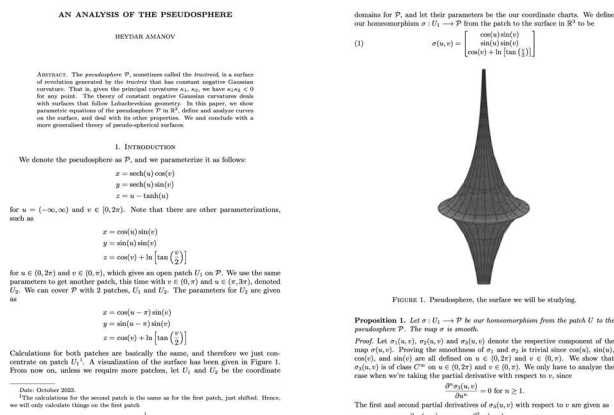
często dostają różne (choć podobne, np. zawierające różne funkcje) problemy i mogą je ze sobą omawiać. Rozwiązania są dyskutowane, zbierane (czasami na następnym spotkaniu) i oceniane. Ta metoda sprzyja zaangażowaniu i rozwija myślenie o metodach przedstawianych w czasie wykładu.

4.2. Projekty

W tym modelu, już na początku semestru studenci dostają wstępne informacje o swoich projektach (np. zbadanie własności pewnej grupy funkcji czy ustalonej powierzchni geometrycznej). Każdy projekt jest inny, ale instrukcje są podobne i pytania są dodawane po każdym wykładzie. Studenci mogą używać dowolnych źródeł i dyskutować o swoim projekcie z innymi. Po zakończeniu semestru muszą przedstawić formalny artykuł końcowy zawierający wizualizacje, rachunki, odpowiedzi i wnioski ze swoich obliczeń (z tytułem, abstraktem i bibliografią). Ocena z artykułu jest częścią ich ostatecznej oceny. Projekty sprawdzają się bardzo dobrze po drugim roku studiów, kiedy studenci są bardziej dojrzały i przyzwyczajeni do pracy indywidualnej.

4.3. Prezentacje

Studenci, którzy przygotowali ciekawe projekty w ciągu semestru są zachęceni do przedstawiania ich jako plakatów lub prezentacji na seminariach i konferencjach (studentckich i profesjonalnych). Najlepsze projekty mają szansę na publikację w czasopiśmie naukowych, co daje studentom poczucie sukcesu i może być początkiem kariery naukowej.



Rys. 8. Dwie strony projektu końcowego studenta z drugiego roku.

4.4. Używanie Internetu i Sztucznej Inteligencji (AI)

Studenci są zachęceni do używania Internetu w celu wyszukiwania informacji i odpowiedzi na pytania, jak również do krytycznego oceniania zdobytych informacji. Często stosują różne wersje AI (np. *ChatGPT*) do weryfikowania swoich rozwiązań i do udoskonalania pisanie o matematyce (np. raportów, artykułów i prezentacji). Popularna jest również internetowa *Khan Academy*, gdzie studenci mogą wyszukać krótkie wyjaśnienia i przykłady związane z podstawowymi problemami matematyki.

5. TESTOWANIE I OCENIANIE WIEDZY

5.1. Clickers

Instruktorzy uniwersyteccy używają różnorodnych metod oceniania wiedzy studenta. Często by utrzymać uwagę i zaangażowanie zadają proste pytania, na które słuchacze odpowiadają używając małych urządzeń tzw. *clickers*, dzięki

którym dają odpowiedź poprzez przyciśnięcie odpowiedniego guzika. Statystyka odpowiedzi wyświetla się na ekranie czy tablicy. Różnorodność odpowiedzi prowadzi do dyskusji i pozwala instruktorowi ocenić poziom zrozumienia tematu przez studentów w danej chwili.

5.2. Komputerowe testy

Classroom Management systems dają możliwość ułożenia prostych testów wyboru z kilkoma odpowiedziami. Instruktor decyduje, kiedy test się otwiera i zamyka, ile razy student może podjąć próbę jego rozwiązania, czy i kiedy może zobaczyć prawidłowe odpowiedzi. System podlicza punkty i podaje studentowi jego wynik zaraz po zakończeniu testu (instruktor dostaje wszystkie wyniki). Tego typu testy mogą być rozwiązywane w domu lub na uczelni. Zastępują one tzw. kartkówki.

5.3. Egzaminy

Najczęściej stosowaną formą poważniejszych egzaminów studenckich (zwłaszcza końcowych) są pisemne testy pod okiem instruktora. Jednakże, obecnie zaczyna się stosować zdalne egzaminy, które studenci piszą obserwowani przez instruktora za pośrednictwem kamery (jak w czasie pandemii). Mogą oni pisać egzaminy w domu lub w centrach egzaminacyjnych, które oferują szybki Internet, sprzęt komputerowy i nadzór nad zdającymi.

5.4. ePortfolio

Systemy komputerowe oferują program *ePortfolio*, którego wielu wykładowców używa do wystawienia ostatecznych ocen odzwierciedlających wiedzę studentów. *ePortfolio* jest elektroniczną metodą archiwizowania prac. Zawiera na przykład ocenione testy, dyskusje z udziałem studenta, rozwiązane przez niego problemy, projekty i wszelkie dodatkowe materiały związane z kursem, które student uzna za stosowne dołączyć (np. interdyscyplinarne zastosowania, prezentacje, dodatkowe problemy). Dzięki tej metodzie student uczy się samodzielnie planować i realizować swoje cele edukacyjne. Instruktor może przeglądać i komentować zawartość *ePortfolio* w każdym momencie, dawać sugestie i pomocne komentarze, oraz planować dalszą indywidualną pracę.

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Obecnie uniwersytety zachęcają i wspomagają wykładowców do stosowania nowoczesnych metod nauczania, które wciągają studentów w proces uczenia się, są interaktywne, angażują w dyskusje i współpracę z innymi. Wprowadzane już od pierwszego roku dają szanse na wyrównywanie poziomu przygotowania słuchaczy a także do czynnego udziału w zajęciach. Współczesne technologie edukacyjne sprawiają, że można się uczyć i współpracować

prawie wszędzie, używając wszelkich dostępnych źródeł. Ponieważ wszelkie technologie stają się coraz tańsze lub są (czy będą wkrótce) ogólnie dostępne w Internecie, warto zacząć włączać je do procesu edukacji (w zależności od potrzeb wykładu i preferencji instruktora). Weźmy też pod uwagę, że obecnie studenci spodziewają się elastycznego podejścia do nauczania, są nastawieni na współpracę oraz wykorzystywanie różnych źródeł. Nowoczesne metody nauczania mają zaś na celu przygotowanie studentów do samodzielnego, profesjonalnego myślenia, szczególnie w naukach ścisłych, do dyskusji zawodowych oraz przedstawiania swoich prac różnym odbiorcom. Jak widać z doświadczeń amerykańskich metody te dają pozytywne wyniki i zachęcają studentów do kontynuowania studiów wymagających dobrego przygotowania, zwłaszcza matematycznego. Wstępne ewaluacje powyższych metod są pozytywne, pokazują wzrost zaangażowania studentów i większą skuteczność procesu nauczania (5-10% więcej studentów z uniwersytetów stanowych zaliczyło pomyślnie wykłady z pierwszych dwóch lat matematyki w ciągu ostatniego roku). Jednak należy kontynuować ewaluacje tych metod, aby uzyskać wiarygodną ocenę powyższych metodologii (zwłaszcza, że trudno ocenić negatywny wpływ pandemii na obecne wyniki nauczania).

7. BIBLIOGRAFIA

1. Fernandes, K., Brett, B., Bayard, J-P., Kennedy, L.: Large-Scale Course Redesign: Putting Reflection into Action, Change: The Magazine of Higher Learning, Nr 51 (3). 2019, s. 34-4.
2. Petillo, A., Anuszkiewicz, M.: Co-Requisite Remediation: An Access Ramp for Collage Completion, PRIMUS, Nr 3(4), 2013, s. 402-413.
3. Sepanik, S.: Impact Findings from the Dana Center Mathematics Pathways Long-Term Follow-Up Study. Research Brief, Center for the Analysis of Postsecondary Readiness, 2023.
4. Ping, W.: Using an Adaptive Learning Platform to Promote Underprepared Students' Success in Corequisite Mathematics Courses: A Logistic Regression Analysis, ProQuest LLC, PhD. Dissertation, U Nevada Reno, 2024.
5. Grzegorzczak, I.: From 2D to 3D symmetry, Proceedings of Innovative Teaching Practice, Oxford 2023.
6. Grzegorzczak, I.: Improving Understanding of Logarithms using Cryptography Based Activities, Proc. Contemporary Math Education, 2022.
7. Park, E.S., Xu, d.: Professional Development Training on College Students' Academic Outcomes, Journal of Research on Educational Effectiveness, Nr 17 (1), 2024, s. 43-64.

CONTEMPORARY MATHEMATICS EDUCATION METHODS AT AMERICAN UNIVERSITIES

Majority of university freshmen is not adequately prepared for undergraduate level courses. Majority of American universities changed delivery of mathematics and other technical courses by introducing modern interactive methods for teaching supported by technology, Internet, projects, team work and differentiated grading. Results show increased engagement and better learning results, as well as improved student retention. In this paper we discuss some of these methods and give specific examples.

Keywords: University level mathematics, pedagogical innovations, technology, interactive teaching.

WYKORZYSTANIE PRZEZ STUDENTÓW STUDIÓW I STOPNIA APLIKACJI DO OBLICZEŃ ORAZ PORTALI SPOŁECZNOŚCIOWYCH NA PRZEDMIOTACH MATEMATYCZNYCH

Anita DĄBROWICZ-TLAŁKA¹, Magdalena M. MUSIELAK²

1. Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
tel.: +48 348 61 90 e-mail: anita.tlalka@pg.edu.pl
2. Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki
tel.: +48 348 61 89 e-mail: magdalena.musielak@pg.edu.pl

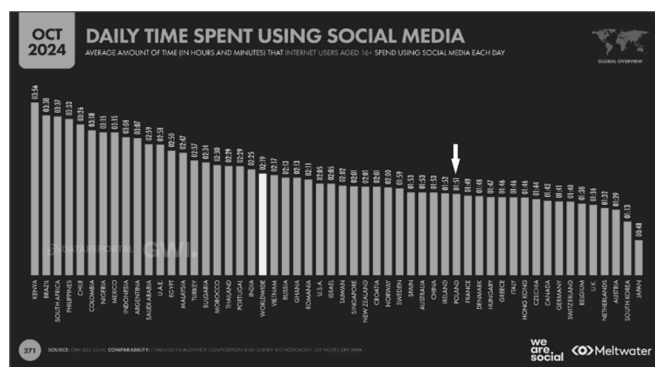
Streszczenie: Dla większości studentów pierwszego roku studiów portale społecznościowe są środowiskiem wirtualnym, w którym spędzają bardzo dużo czasu, skupiają na nich swoją uwagę i poszukują w nich akceptacji rówieśniczej. Młodzi ludzie samodzielnie wybierają, ich zdaniem najbardziej dla nich przyjazne aplikacje i programy, dzięki którym otrzymują gotowe rozwiązania lub unikają wykonywania obliczeń. W artykule przedstawiono wybrane wyniki i analizy ankiet przeprowadzonych wśród studentów pierwszego roku studiów inżynierskich z kilku różnych kierunków, dotyczących wykorzystania przez studentów portali społecznościowych i aplikacji obliczeniowych.

Słowa kluczowe: aplikacje obliczeniowe, nowoczesne technologie.

1. WPROWADZENIE

W dobie dynamicznego rozwoju technologii cyfrowych oraz wzrostu popularności portali społecznościowych, akademickie wykorzystanie tych platform nabiera szczególnego znaczenia. Młodzież spędza w Internecie wiele godzin dziennie, a według raportu DataReportal, większość tego czasu poświęca właśnie na portale społecznościowe [1]. Z tego powodu naturalnym staje się pytanie, czy nauczyciele akademicy powinni wykorzystywać media społecznościowe w celach edukacyjnych, zwłaszcza na przedmiotach matematycznych, które dla wielu studentów stanowią wyzwanie. Wiele z nich zmagają się z zaległościami z wcześniejszych etapów edukacji lub trudnościami w uczeniu się matematyki, dlatego dostęp do rzetelnych, atrakcyjnych i zrozumiałych materiałów staje się kluczowym elementem wspierania ich edukacji [2].

Wspomniany DataReportal, co roku publikuje raport dotyczący cyfrowego świata. Najważniejszą informacją opublikowaną w tegorocznym raporcie [3] jest to, że na początku 2024 roku w mediach społecznościowych było ponad 5 miliardów aktywnych tożsamości użytkowników. W 2023 roku aż 266 milionów użytkowników zaczęło korzystać z mediów społecznościowych po raz pierwszy. „Typowy” użytkownik mediów społecznościowych spędza obecnie 2 godziny i 19 minut dziennie na korzystaniu z mediów społecznościowych, które pozostają najpopularniejszą rozrywką online. Przeciętny użytkownik w Polsce przeznacza 1 godzinę i 51 minut na aktywności w mediach społecznościowych.



Rys. 1. Dane z Digital 2024: Global overview report [3], dotyczące czasu spędzanego przez użytkowników na korzystaniu z mediów społecznościowych

Ponad 97 procent użytkowników Internetu w wieku produkcyjnym, co miesiąc korzysta z sieci społecznościowych lub platform komunikacyjnych.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań ankietowych oraz zasygnalizowanie korzyści wynikających z aktywności nauczycieli akademickich na portalach społecznościowych oraz pokazywania wartościowych aplikacji do obliczeń, symulacji i wizualizacji pojęć matematycznych. Przyciąganie studentów do korzystania z takich materiałów może mieć pozytywny wpływ na ich zaangażowanie i skuteczność nauki, gdyż umożliwia im dostęp do sprawdzonych treści [4]. Tworzenie społeczności akademickich w przestrzeni wirtualnej może także pomóc studentom w wyborze odpowiednich źródeł do nauki, budowaniu nawyków samodzielnego wyszukiwania wartościowych materiałów oraz wzajemnym wspieraniu się w zdobywaniu wiedzy. Nie zapominajmy, że internet oraz wszechobecne wykorzystanie AI przyczyniają się do zmian edukacyjnych [5].

Centrum Matematyki Politechniki Gdańskiej, jako jednostka ogólnouczelniana zajmująca się prowadzeniem zajęć z matematyki na studiach stopnia pierwszego na siedmiu wydziałach tej uczelni oraz na kierunkach międzywydziałowych, uruchomiła trzy lata temu profil na portalu Facebook. Celem było oferowanie szeregu wartościowych materiałów dydaktycznych i narzędzi online wspierających naukę matematyki. Dodatkowo pozwoliło to na większe wykorzystanie prowadzonego od dziesięciu lat

kanalu na YouTube poświęconego matematyce. Publikowane są tam m.in. nagrania rozwiązanych zadań. Ma to ułatwiać studentom dostęp do dodatkowych zasobów edukacyjnych i pozwolić na samodzielne uzupełnianie wiedzy. Od lat pracownicy Centrum Matematyki udostępniają i rozwijają Portal Mathematics, który stanowi wsparcie dla studentów uczących się matematyki w języku angielskim. Ponadto jednostka ta jest twórcą Wirtualnych Laboratoriów Matematycznych – aplikacji pozwalających na wizualizację i interakcję z pojęciami matematycznymi, co sprzyja lepszemu ich zrozumieniu i atrakcyjności kształcenia. Nasze wieloletnie doświadczenia [6] skłoniły nas do badań edukacyjnych [7], które pokażą nam efektywne kierunki rozwoju oraz pozwolą na zasięgnięcie informacji dotyczącej wykorzystania zasobów internetu bezpośrednio od studentów.

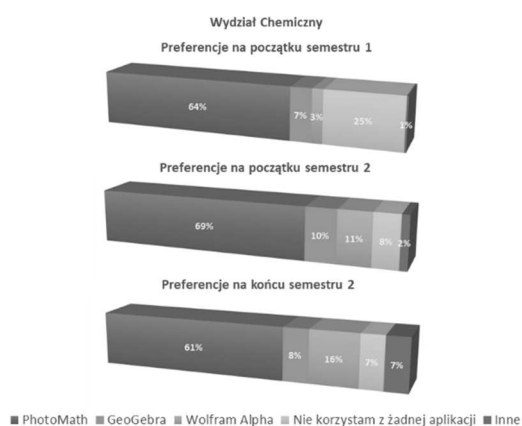
2. BADANIE ANKIETOWE

2.1. Opis badania

W roku akademickim 2023/2024 przeprowadzono badanie ankietowe dotyczące wykorzystania przez studentów I stopnia aplikacji do obliczeń i portali społecznościowych. Do uczestniczenia w ankiecie zaproszono studentów Politechniki Gdańskiej z kierunków Biotechnologia, Chemia, Technologia chemiczna i Zielone technologie Wydziału Chemicznego, kierunku Informatyka Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki oraz studentów międzywydziałowego kierunku Energetyka. Ankieta została przeprowadzona trzykrotnie: na początku pierwszego semestru, na końcu pierwszego semestru oraz na końcu drugiego semestru studiów. W badaniu wzięło udział 233 studentów z Wydziału Chemicznego, 243 z kierunku Informatyka i 99 z kierunku Energetyka. Studentów poproszono m.in. o wskazanie aplikacji wspierającej rozwiązywanie zadań z matematyki, z której korzystają najczęściej.

2.2. Wyniki badania

Na rysunku 2 przedstawione są preferencje wskazane przez studentów czterech kierunków Wydziału Chemicznego.

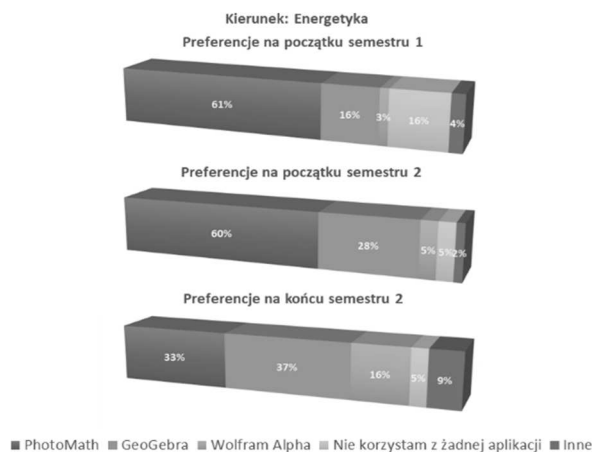


Rys. 2. Aplikacje wspierające wybierane przez studentów Wydziału Chemicznego

Przeprowadzone badanie wykazało, że studenci Wydziału Chemicznego rozpoczynając studia najczęściej wykorzystywali aplikację PhotoMath do rozwiązywania zadań matematycznych, a jedna czwarta studentów w ogóle nie korzystała ze specjalistycznych aplikacji. W trakcie pierwszego semestru około połowa studentów, którzy początkowo nie korzystali z żadnej aplikacji, zaczęła używać

PhotoMath, podczas gdy jedna czwarta z nich wybrała Wolfram Alpha lub Geogebra. Jednocześnie część użytkowników PhotoMath przeszła na inne aplikacje, głównie Wolfram Alpha i Geogebra. W drugim semestrze, gdy materiał przedmiotu staje się bardziej zaawansowany, jeszcze większa liczba studentów zrezygnowała z PhotoMath na rzecz Wolfram Alpha i innych specjalistycznych narzędzi.

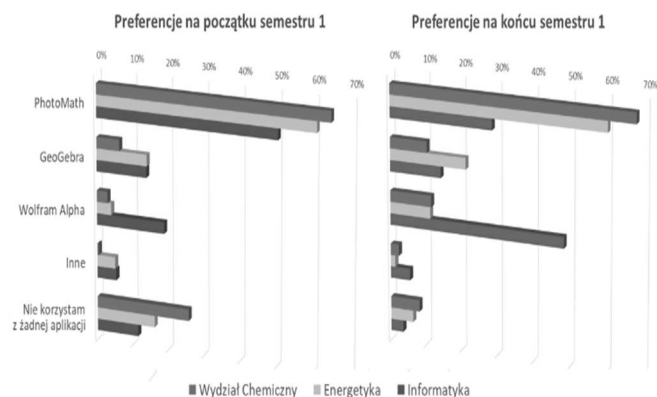
Na rysunku 3 przedstawione są preferencje wskazane przez studentów międzywydziałowego kierunku Energetyka.



Rys. 3. Aplikacje wspierające wybierane przez studentów międzywydziałowego kierunku Energetyka

Przeprowadzone badanie wykazało, że studenci kierunku Energetyka rozpoczynając studia, podobnie jak studenci Wydziału Chemicznego najczęściej wykorzystywali aplikację PhotoMath. Natomiast wyraźnie mniejszy był odsetek studentów, którzy deklarowali, że nie korzystali z żadnych aplikacji do rozwiązywania zadań z matematyki. W trakcie pierwszego semestru około dwie trzecie studentów, którzy początkowo nie korzystali z żadnej aplikacji, zaczęło wykorzystywać PhotoMath, Wolfram Alpha lub Geogebra. Natomiast w drugim semestrze niemal połowa użytkowników aplikacji PhotoMath zadeklarowała przejście na bardziej specjalistyczne aplikacje.

Na rysunku 4 przedstawione jest porównanie preferencji wskazywanych przez studentów kierunków Wydziału Chemicznego, Energetyki oraz Informatyki w czasie pierwszego semestru studiów.



Rys. 4. Aplikacje wspierające wybierane przez studentów różnych kierunków Politechniki Gdańskiej

Na początku studiów studenci wszystkich kierunków preferowali PhotoMath jako narzędzie wspierające

rozwiązywanie zadań z matematyki, natomiast na końcu semestru pierwszego widać bardzo wyraźną różnicę w wyborze aplikacji. Studenci Informatyki w znacznej liczbie odeszli od PhotoMath na rzecz Wolfram Alpha. W trakcie semestru na wszystkich badanych kierunkach liczba studentów niekorzystających z żadnej aplikacji również wyraźnie spada.

2.3. Wnioski z badania

Na podstawie badania ankietowego możemy wywnioskować, że aplikacja PhotoMath, zapewne ze względu na swoją prostotę i łatwość obsługi pełni funkcję swoistej "furtki" do korzystania z bardziej zaawansowanych aplikacji obliczeniowych. Jest popularnym wyborem wśród studentów na początkowych etapach nauki, z czasem ustępując miejsca innym, bardziej specjalistycznym narzędziom. Wybór aplikacji zależy również od stopnia zaawansowania materiału oraz od specyfiki kierunku studiów. Wydaje się, że studenci kierunków o bardziej technicznym charakterze szybciej zaczynają wykorzystywać zaawansowane aplikacje obliczeniowe, takie jak Wolfram Alpha.

Na wszystkich analizowanych kierunkach widoczny jest trend, w którym liczba studentów niekorzystających z żadnych aplikacji do rozwiązywania zadań matematycznych stopniowo maleje, co świadczy o rosnącej świadomości i zapotrzebowaniu na wsparcie technologiczne w uczeniu się.

3. PODSUMOWANIE

Coraz istotniejszym aspektem aktywności pracowników uczelni na portalach społecznościowych jest możliwość budowania akademickiej społeczności i pokazywania osiągnięć [8]. W Polsce wiele profili uniwersyteckich na Facebooku i Instagramie wyróżnia się wartościowymi treściami oraz wysokim poziomem zaangażowania. Przykładowo (w kolejności alfabetycznej):

- Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH): Na Facebooku AGH wyróżnia się wysokim zaangażowaniem, w tym licznymi udostępnieniami i komentarzami pod postami. AGH skutecznie angażuje odbiorców, dzieląc się osiągnięciami studentów i pracowników oraz organizując wydarzenia naukowe.
- Politechnika Gdańska: Dzięki regularnie zamieszczanym informacjom o innowacyjnych projektach i sukcesach naukowych, Politechnika Gdańska pokazuje swoje zaangażowanie w rozwój technologii i nauki, co buduje jej prestiż. Profil często informuje o współpracy międzynarodowej i o tym, że uczelnia znalazła się w prestiżowych rankingach, jak choćby Ranking Szanghajski, co wyróżnia ją na tle innych jednostek edukacyjnych w Polsce. Oprócz wiadomości typowo akademickich, profil jest interaktywny i dostarcza ciekawostek oraz inspirujących postów, takich jak te o absolwentach uczelni czy projektach społecznych wspierających młodzież i lokalne społeczności.
- Politechnika Wrocławska: Na Facebooku Politechnika Wrocławska uzyskała wysoki poziom udostępnień, co świadczy o wartości publikowanych treści. Profil uczelni zawiera zarówno informacje akademickie, jak i angażujące treści, które pomagają budować społeczność studentów oraz absolwentów.
- Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (UAM): UAM ma wysoki poziom interakcji i dużą liczbę

obserwujących. Publikuje treści naukowe, wydarzenia akademickie, a także promuje działania ekologiczne i związane z otwartą nauką. Profil ten często plasuje się wysoko w rankingach aktywności na mediach społecznościowych.

- Uniwersytet Warszawski: Profil UW na Facebooku jest jednym z najlepiej prowadzonych. Oferuje regularne, angażujące posty edukacyjne i ciekawostki akademickie, a także szybki czas odpowiedzi na zapytania. Dzięki wysokiemu wskaźnikowi interakcji z fanami, profil ten z powodzeniem przyciąga uwagę młodych odbiorców.

Wydaje się jednak, że duże znaczenie ma działalność na portalach społecznościowych jednostek uczelni, co pozwala na profilowanie treści do dotarcia z nimi do odpowiednich grup odbiorców [9]. Sam profil uczelni nie pozwoli na efektywne budowanie społeczności zainteresowanej danej tematyką lub na docieranie do osób nie mogących znaleźć wartościowych merytorycznie materiałów z wybranej dziedziny. Tu otwiera się szerokie pole do działania poszczególnych jednostek uczelni, w tym tych, które zajmują się kształceniem matematycznym. Dzięki temu mogą powstać wirtualne grupy skupiające zarówno wykładowców, jak i studentów, tworząc przestrzeń do wymiany wiedzy, doświadczeń i rozwiązań.

Zatem to zespoły nauczycieli akademickich, poprzez aktywność na portalach społecznościowych, mogą odgrywać istotną rolę w procesie edukacji matematycznej. Przy czym aktywności poszczególnych jednostek szkół wyższych powinny być wspierane i planowane na poziomie uczelni [10].

Platformy społecznościowe, oprócz funkcji czysto komunikacyjnych, mogą stać się przestrzenią do dzielenia się wartościowymi materiałami edukacyjnymi, zadaniami czy inspiracjami z danej dziedziny. Oferując przemyślane treści – takie jak odsyłacze do platform nauczania na odległość, interaktywne zadania, czy inspirujące memy oraz ciekawostki matematyczne – nauczyciele mogą przyciągać uwagę studentów, którzy szukają wsparcia w nauce.



Rys. 5. Przykład na mnemotechniczne zapamiętanie kształtu wykresów funkcji logarytmicznej i wykładniczej (<https://www.facebook.com/CentrumMatematykiPG>, data dostępu: 1.10.2024)

Dzięki takim działaniom studenci mają szansę na dostęp do materiałów, które nie tylko są poprawne merytorycznie, ale także dostosowane do ich poziomu wiedzy i sposobu myślenia. Co więcej, internetowe aplikacje do obliczeń oraz symulacji mogą wspierać interpretację geometryczną pojęć

matematycznych, co jest szczególnie cenne dla osób, które mają trudności ze zrozumieniem abstrakcyjnych pojęć. Na przykład aplikacje pozwalające na wizualizację funkcji matematycznych lub symulacje procesów dynamicznych mogą pomóc studentom lepiej przyswoić teoretyczne zagadnienia i nadać im praktyczny kontekst.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Turosz M. A., Bober Ł.: Influencerzy jako autorytet w percepcji młodzieży szkolnej, Tom X: 150, 2024, *Polityka i Społeczeństwo*.
2. „The Big Book of Online Education” czyli „Wielka Księga Edukacji Online”, opracowanie w ramach projektu E-TECH, prowadzonego przez Politechnikę Gdańską we współpracy z partnerami: Politecnica delle Marche in Ancona z Włoch, Joanneum Gesellschaft MBH in Graz z Austrii, A. Dąbrowicz-Tłałka (współautor odpowiedzialny za treści merytoryczne związane z nauczaniem matematyki) <https://pg.edu.pl/aktualnosci/2023-11/premiera-publicacji-big-book-online-education>, 9.11.2023, data dostępu: 5.06.2024.
3. Digital 2024: Global overview report, <https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report>, data dostępu 23.10.2024.
4. Dąbrowicz-Tłałka A., Musielak M.: Mathematical Education at the Academic Level - Technological Changes, Modifications of Habits and Challenges, artykuł w publikacji pt. “Problemy dydaktyki matematyki. XX Ogólnopolska Konferencja Nauczania Matematyki w Uczelniach Technicznych” po konferencji OKNMUT 2023.
5. Pyżalski J., Łuczyńska A.: Sztuczna inteligencja: prawdziwe zmiany w edukacji?, 2024, https://repozytorium.bg.ug.edu.pl/docstore/download/UGc4d99cc5ea36448893c050e132b4a2f7/Pyzalski_Jacek_Sztuczna_inteligencja_2024.pdf, data dostępu: 12.10.2024.
6. Dąbrowicz-Tłałka A., Guze H.: Visualization in Mathematics Teaching - Some examples of supporting the students' education, artykuł w monografii *Use of E-learning in Developing of the Key Competences*, University of Silesia in Katowice Faculty of Ethnology and Sciences of Education in Cieszyn. Katowice-Cieszyn: Studio NOA 2011.
7. Barański M., Poprawa R., Rokosz M.: Oczekiwania efektów korzystania z Internetu i zaangażowanie w media społecznościowe a ryzyko problemowego ich używania wśród studentów. *Aktywność w cyberprzestrzeni*, 123, 2023, https://dbc.wroc.pl/Content/126425/aktywnosc_w_cyberprzestrzeni.pdf#page=124, data dostępu: 20.08.2024.
8. Włodyka E.: Internet, nowe technologie i AI w budowaniu widoczności badaczy – przyczynek do badań nad innowacyjnością sposobów upowszechniania nauki na przykładzie badaczy w dziedzinie nauk społecznych. *Acta Politica Polonica* 57/2024, s. 69-84.
9. Noga E. Personalizacja treści i profilowanie użytkowników: wybrane zjawiska psychometrii w serwisach społecznościowych na przykładzie Facebooka w świetle analizy piśmiennictwa, *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Librorum*, 37(2), 2023, s. 13-38.
10. Dąbrowicz-Tłałka A., Musielak M.: Budowanie strategii edukacyjnej uczelni z uwzględnieniem wykorzystania e-technologii – wnioski z analizy doświadczeń uczelni technicznej”, *Zeszyty Naukowe WEiA PG*, nr 72, 2021, s. 19-24.

USE OF COMPUTING APPLICATIONS AND SOCIAL MEDIA IN MATHEMATICAL SUBJECTS BY UNDERGRADUATE STUDENTS

For most first-year students, social networking sites are a virtual environment in which they spend a lot of time, focus their attention on them and look for peer acceptance there. Young people choose what they consider to be the most user-friendly applications and programs, thanks to which they avoid performing calculations. In the survey conducted among students of several fields, participants were asked to indicate the applications supporting solving mathematics tasks that they use most often. Based on the survey, we can conclude that the PhotoMath application, probably due to its simplicity and ease of use, serves as a kind of "gateway" to the use of more advanced computational applications. Moreover, students in more technical fields seem to be quicker to embrace advanced computing applications such as Wolfram Alpha. Additionally, there is a visible trend in which the number of students who do not use any applications to solve mathematical tasks is gradually decreasing, which proves the growing awareness and demand for technological support in learning.

Keywords: computing applications, modern technologies.

EKSPERYMENTALNA WERYFIKACJA MOŻLIWOŚCI POPRAWY WSPÓŁCZYNNIKA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ STATKU NA PRZYKŁADZIE PROMU PASAŻERSKO – SAMOCHODOWEGO Z INNOWACYJNYM HYBRYDOWYM SYSTEMEM ZASILANIA PĘDNIKÓW

Łukasz WIERZBICKI¹, Janusz MINDYKOWSKI²

1. Gdańska Stocznia „Remontowa” im. J. Piłsudskiego S.A.
tel.: 783 014 776, e-mail: wierzbicki.luka@gmail.com
2. Uniwersytet Morski w Gdyni
tel.: 694 458 343, e-mail: j.mindykowski@we.umg.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki eksperymentalnej weryfikacji możliwości poprawy współczynnika efektywności energetycznej statku EEDI, w kontekście wykorzystania innowacyjnego rozwiązania hybrydowego systemu elektroenergetycznego na promie pasażersko – samochodowym z napędem typu Diesel Electric Hybrid. Omawiane i przebadane w trakcie prób morskich rozwiązanie napędu dotyczy systemu elektroenergetycznego zasilanego z baterii akumulatorów współpracujących z zespołami prądowórczymi. W pracy wykazano, iż zastosowanie magazynów energii (baterii akumulatorów), przy jednoczesnym dostosowaniu trybów pracy systemu elektroenergetycznego do aktualnych potrzeb, umożliwia znaczną poprawę bilansu elektroenergetycznego jednostki, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia paliwa i wielkości emisji CO₂, z zachowaniem właściwych parametrów jakości energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: poprawa współczynnika EEDI, hybrydowy system zasilania pędników, optymalizacja zarządzania mocą, jakość energii elektrycznej.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najbardziej intensywnie eksplorowanych zagadnień dotyczących transportu morskiego jest ograniczenie emisji związków szkodliwych dla środowiska, związanej z zużyciem paliwa przez statki. Zużycie to zależne jest od całkowitego zapotrzebowania statku na energię, w tym również energię elektryczną. Stąd też, racjonalizacja wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej jest ważnym czynnikiem ograniczającym zużycie paliwa, i w konsekwencji emisji CO₂. Emisja CO₂ w transporcie morskim, w wymiarze globalnym jest kontrolowana przez IMO (International Maritime Organization) m.in. za pomocą unormowanego w międzynarodowym ustawodawstwie morskim obligatoryjnego wskaźnika EEDI (Energy Efficiency Design Index). Istotą tej idei, dotyczącej wszystkich nowobudowanych po 2013 roku jednostek powyżej 400 BRT jest ustalenie minimalnej sprawności energetycznej statku w zależności od jego typu i wielkości, jako stosunku wyrażonej w gramach emisji CO₂ do pracy transportowej jednostki określonej w tono-milach. Pełny zapis algorytmu opisującego wskaźnik EEDI jest bardzo złożony [1], natomiast jego uproszczoną formę można znaleźć w pracy [2]:

$$EEDI = 1/E (A+B+C-D) \quad (1)$$

gdzie: A , B , C – masowa emisja dwutlenku węgla z silnika głównego, silników pomocniczych, generatorów / silników wałowych, odpowiednio, D – redukcja masowej emisji dwutlenku węgla uzyskana dzięki innowacyjnym technologiom, E – praca transportowa statku.

Im niższa wartość projektowa wskaźnika EEDI (1), w porównaniu z wartością progową ustaloną na podstawie wartości linii odniesienia [3], tym jednostka jest bardziej efektywna energetycznie według kryteriów IMO. Wartość progowa wskaźnika EEDI będzie sukcesywnie zaostrzana i rozszerzana na nowe typy statków, zgodnie z harmonogramem i wytycznymi przyjętymi przez IMO.

Wstępna analiza zależności (1) prowadzi do konkluzji, iż wartość projektowego wskaźnika EEDI będzie tym mniejsza, im mniejsze będą składowe A , B i C oraz im większe będą składowe D i E . Technologie i metody poprawy wskaźnika EEDI są szeroko opisywane w literaturze przedmiotu, przykładowo w pracach [4, 5] i obejmują one optymalizacje hydrodynamiczne (optymalizacje kadłuba statku), optymalizacje napędu (innowacyjne rozwiązania systemów napędowych), alternatywne paliwa (LNG, CNG) oraz inne metody (wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, metod operacyjnych oraz innowacyjnych rozwiązań w sterowaniu pracą urządzeń w okrętowych systemach elektroenergetycznych).

W niniejszym artykule, tematyka poprawy współczynnika EEDI jest przedstawiona na przykładzie nowoczesnego dwukierunkowego promu hybrydowego FODNES o napędzie elektrycznym. Prom przeznaczony jest do żeglugi przybrzeżnej między norweskimi fiordami, do obsługi połączenia Mannheller – Fodnes, zaprojektowany został według koncepcji, iż w trakcie przepraw między portami wykorzystywana będzie energia pochodząca z baterii akumulatorów, które będą ładowane w trakcie postojów. W nieprzewidzianych sytuacjach będzie jednak możliwe wykorzystanie zespołów prądowórczych, stanowiących element hybrydowego systemu zasilania pędników w systemie elektroenergetycznym

przedmiotowego promu pasażersko – samochodowego. W związku z taką strategią eksploatacji jednostki, przyjętą przez norweskiego operatora żeglugi promowej NORLED, w projekcie jednostki ukierunkowanym na zminimalizowanie zużycia energii uwzględniono następujące rozwiązania: (I) zasilanie jednostki z baterii akumulatorów współpracujących z zespołami prądotwórczymi, (II) energooszczędne oświetlenie typu LED, (III) elastyczne systemy zasilania urządzeń z wykorzystaniem energoelektronicznych przetwornic częstotliwości, (IV) energooszczędne systemy wentylacji i klimatyzacji, (V) zastosowanie w podwodnej części kadłuba farby minimalizującej tarcie oraz specjalnie opracowanego kształtu kadłuba dla zmniejszenia oporu w wodzie, (VI) zastosowanie lekkiej konstrukcji kadłuba statku.

Przedmiotem przeprowadzonych badań eksperymentalnych było sprawdzenie wpływu realizacji warunków (I), (II) i (III) na poprawę bilansu energetycznego jednostki z zachowaniem właściwych parametrów jakości energii elektrycznej w świetle standardów towarzystwa klasyfikacyjnego DNV (Det Norske Veritas) [6], sprawującego nadzór nad procesem budowy przed klasyfikacją jednostki.

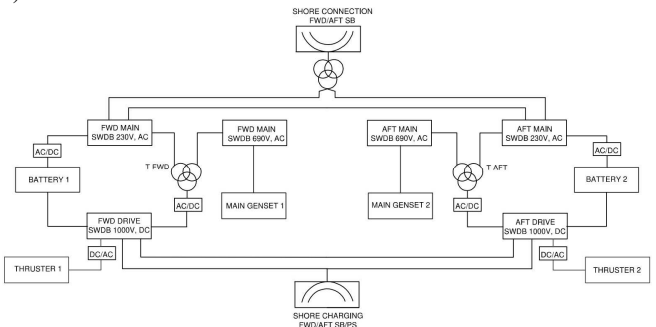
2. BADANIA EKSPERYMENTALNE

2.1. Obiekt badań

Obiektem badań jest dwukierunkowy prom pasażersko – samochodowy FODNES (rys. 1), o innowacyjnym napędzie elektrycznym pracującym w systemie Diesel Electric Hybrid, zasilanym z baterii akumulatorów współpracujących z zespołami prądotwórczymi wykorzystującymi paliwa Biodiesel.



a)



b)

Rys. 1. Prom pasażersko – samochodowy FODNES: widok jednostki (a) na podstawie [7], uproszczony schemat rozdzielni energii w systemie Diesel Electric Hybrid (b), gdzie SHORE CHARGING oraz SHORE CONNECTION - przyłącza do ładowania baterii akumulatorów oraz zasilania statku z lądu, symbole pozostałych urządzeń objaśniono w tekście

System elektroenergetyczny promu FODNES składa się z dwóch zespołów prądotwórczych zasilających rozdzielnicę dziobową i rufową 690 V, 50 Hz, dwóch

transformatorów: dziobowego i rufowego, 500/99/500k VA i 690 V/230 V/540 V, 50 Hz łączących dwie rozdzielnice, dziobową i rufową 230 V, 50 Hz z rozdzielnicami, dziobową i rufową 1000V DC, odpowiednio, dwóch baterii akumulatorów, dziobowej i rufowej, a także dwóch pędników, dziobowego i rufowego.

2.2. Plan badań

Badania dotyczyły racjonalizacji wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej w celu optymalnego zarządzania mocą, a także wyznaczania wybranych parametrów jakości energii elektrycznej w rozważanym systemie elektroenergetycznym.

Pomiary, przeprowadzone podczas prób morskich promu, dotyczyły następujących urządzeń: zespołu prądotwórczego ZP1 (MAIN GENSET 1), transformatora dziobowego (T FWD), rozdzielnic pędnika dziobowego (FWD DRIVE SWDB) oraz pędnika dziobowego (TRUSTER 1). System pomiarowy obejmował 15 kanałów dedykowanych pomiarom napięć i prądów, wyspecyfikowanych w tabeli 1. Pomiary napięć dokonywane były za pomocą przetworników napięciowych firmy LEM z serii 3-1500, a pomiary prądów wykonano za pomocą cewki Rogowskiego firmy PEM z serii LFR 03/3. W systemie pomiarowym wykorzystano komputer przemysłowy firmy National Instruments, wyposażony w kontroler PXIe-8135 i trzy karty akwizycji danych PXIe-6358.

Tabela 1. Specyfikacja kanałów pomiarowych i mierzonych parametrów

Lp.	Kanał	Obiekt pomiaru	Mierzone parametry	Miejsce podłączenia sond pomiarowych	Poziom i rodzaj napięcia
1	1,2,3	Prądnica ZP1	U12,U23, U31	FWD MAIN SWBD	690 V, 50 Hz
2	4,5	Transformator dziobowy	U12,U23	FWD TRANSFORMER	540 V, 50 Hz
3	6	Rozdzielnica pędnika dziobowego	U	FWD DRIVE SWBD	1000 V, DC
4	7,8,9	Prądnica ZP1	I1,I2,I3	FWD MAIN SWBD	690 V, 50 Hz
5	10,11, 12	Transformator dziobowy	I1,I2,I3	FWD TRANSFORMER	540 V, 50Hz
6	13,14, 15	Pędnik dziobowy	I1,I2,I3	FWD DRIVE SWBD	1000 V, DC/AC

Analiza wyników pomiarowych obejmowała trzy tryby pracy systemu elektroenergetycznego, które przedstawiono w tabeli 2. W pierwszym trybie pracują dwa pędniki 1 i 2, a zmiana ich obciążenia następuje skokowo; moc oddawana jest z obu baterii akumulatorów przy początkowym poziomie ich naładowania 58...59%. W kolejnym trybie pracuje pędnik 1, którego obciążenie zmienia się w sposób ciągły z 0% do 100%, zespoły prądotwórcze ZP1 i ZP2 oddają moc do sieci, a baterie akumulatorów 1 i 2 ładują się od stanu początkowego 49...51% do 55...56%. W ostatnim rozważanym trybie pracy następuje skokowa zmiana obciążenia pędnika 1 w zakresie 20...100%, przy czym pracują równolegle dwa zespoły prądotwórcze ZP1 oraz ZP2, a baterie 1 i 2 są ładowane (pobierają moc z sieci). Celem prób było zbadanie prawidłowości pracy systemu

elektroenergetycznego w każdym z badanych trybów oraz weryfikacja efektywności współpracy baterii akumulatorów ze współpracującymi z nimi zespołami prądotwórczymi pod kątem optymalnego zarządzania mocą w systemie.

Tabela 2. Tryby pracy systemu elektroenergetycznego weryfikowane podczas prób morskich

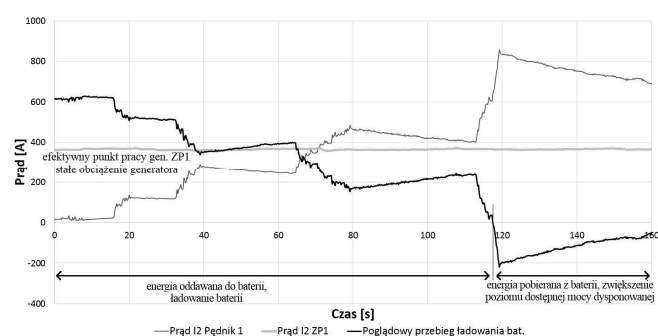
Tryb pracy	Pędnik 1	Pędnik 2	ZP1	ZP2	Bateria 1	Bateria 2
1	Skokowa zmiana obciążenia 20...100%	Skokowa zmiana obciążenia 20...100%	—	—	Moc oddawana	Moc oddawana
2	Ciągła zmiana obciążenia 0...100%	—	Praca	Praca	Moc pobierana	Moc pobierana
3	Skokowa zmiana obciążenia 20...100%	—	Praca	Praca	Moc pobierana	Moc pobierana

Dodatkowym celem badań było wyznaczenie i analiza wybranych parametrów jakości energii elektrycznej w rozważanym systemie, takich jak wartości napięć, prądów i częstotliwości oraz ocena kształtu odnośnych przebiegów napięć i prądów pod kątem sprawdzenia, czy przedmiotowe parametry mieszczą się w granicach określonych przez towarzystwo klasyfikacyjne DNV. Utrzymanie wartości tych parametrów na odpowiednim poziomie jest czynnikiem decydującym o bezpieczeństwie i niezawodności eksploatacji systemów okrętowych [8].

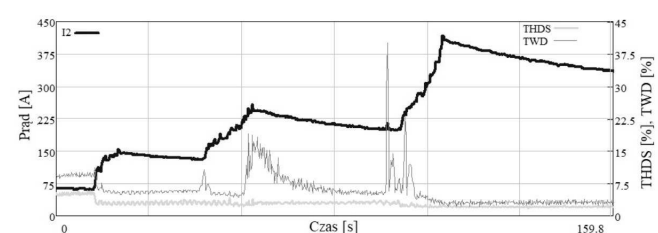
3. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ

3.1. Analiza zarządzania mocą pędników z wykorzystaniem procesu ładowania / rozładowania baterii akumulatorów

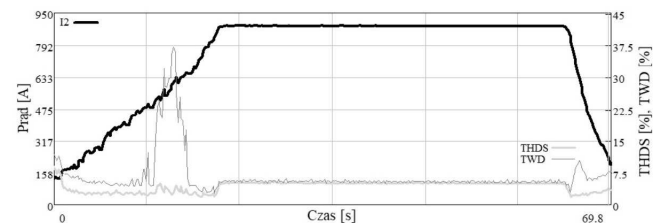
Przykład takiej analizy, przeprowadzonej dla trybu pracy nr 3 (tabela 2) zobrazowano na rysunku 2.



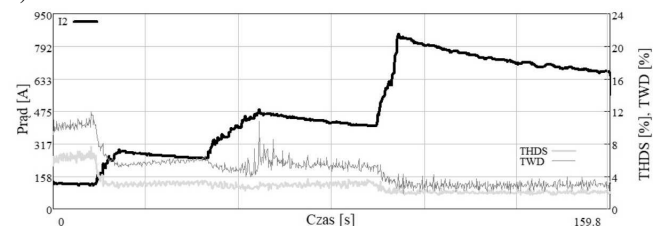
Rys. 2. Przebiegi czasowe i wartości prądu generatora ZP1 oraz pędnika 1 dla trybu pracy nr 3 na tle przebiegu ładowania / rozładowywania energii z baterii akumulatorów



a)



b)



c)

Rys. 3. Wybrane przebiegi zmienności współczynników zniekształcenia prądu TWD oraz THDS, prądu I2 pędnika 1, zasilanego przez przekształtnik DC/AC podczas trybu pracy: energia dostarczana z baterii (a), ciągła zmiana obciążenia pędnika (b), skokowa zmiana obciążenia pędnika (c)

Przebiegi przedstawione na rysunku 2 ilustrują okresy i wartości odnośnych prądów, w których bateria jest ładowana i rozładowywana, przy zachowaniu stałej wartości prądu zespołu prądotwórczego ZP1, odpowiadającej efektywnemu punktowi pracy generatora. Bateria dostarcza energię elektryczną w okresach, w których wymagane jest zwiększenie dostępnej dysponowanej mocy, a ładuje się (pobiera moc z sieci), gdy system może pracować z mniejszą mocą dysponowaną. Przeprowadzone badania potwierdziły funkcjonalność i efektywność zasilania pędników promu z wykorzystaniem hybrydowego systemu baterii akumulatorów ze współpracującymi z nimi zespołami prądotwórczymi, z punktu widzenia optymalnego zarządzania mocą w systemie. Wyniki badań są zgodne z założeniami projektowymi jednostki i potwierdzają możliwości uzyskania oszczędności paliwa oraz zmniejszenia emisji CO₂.

3.2. Analiza wybranych parametrów jakości energii elektrycznej

Badane rozwiązanie napędu typu Diesel Electric Hybrid, niezależnie od racjonalizacji i użytkowania energii elektrycznej w celu optymalizacji zarządzania mocą, umożliwia zachowanie właściwych parametrów jakości energii elektrycznej w granicach określonych przez wymagania DNV, przez wszystkie badane parametry, t.j. napięcia, prądy i częstotliwości. Badania dotyczyły zarówno dopuszczalnych odchyłań wartości tych wielkości od ich wartości referencyjnych, jak i dopuszczalnej zawartości wyższych harmonicznnych napięcia i prądu. Te ostatnie badania przeprowadzono z wykorzystaniem takich miar, jak THDS, TWD i THDS [9], a zatem kryteriów bardziej wymagających od tradycyjnego współczynnika THD, ujętego m.in. w [6]. Przeprowadzone badania były podstawą do wystawienia stosownego certyfikatu dla jednostki FODNES przez DNV.

Przykładowe przebiegi ilustrujące przebieg zniekształceń TWD i THDS prądu I2 pędnika 1 w funkcji czasu podczas różnych trybów pracy systemu pokazano na rysunku 3. Wartości TWD są znacznie wyższe od wartości THDS, w związku z uwzględnieniem w ich definicji oprócz wyższych harmonicznnych, również innych komponentów

znieszczałających badane sygnały m.in. interharmonicznych. Analizowane wartości TWD powinny być brane pod uwagę na etapie projektowania jednostki, przy doborze przekroju relatynnych kabli zasilających. Wartość prądu pobieranego przez rozważany pędnik 1 jest zdeteryminowana trybem jego pracy, i jest ona istotnie wyższa przy ciągłej zmianie obciążenia (rys. 3b) niż dla trybów, gdy energia jest pobierana z baterii oraz przy skokowej zmianie obciążenia pędnika. Przebieg tego prądu w czasie dla dwóch ostatnich przypadków ma podobny charakter (rys. 3a i rys. 3c), a wartość średnia prądu I_2 wyznaczana w tym samym przedziale czasu, przykładowo od 0...70 s, dla tych przypadków jest znacząco niższa niż w przypadku ciągłej zmiany obciążenia pędnika. W rezultacie, dla skokowej zmiany obciążenia wystąpiło zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną. Dodatkowo, dla przypadku pracy z baterii zmniejsza się uciążliwość oddziaływania statku na środowisko (emisja CO₂, wibracje, hałas).

4. WNIOSKI

- Hybrydowe systemy zasilania pędników umożliwiają odpowiednią kompensację zmian obciążenia, co w rezultacie prowadzi do oszczędności paliwa, i tym samym do zmniejszenia emisji CO₂.
- Rozważane systemy hybrydowe poprawiają bezpieczeństwo eksploatacji jednostki, gdyż energia z baterii akumulatorów może zapewnić natychmiastowe zasilanie awaryjne w przypadku awarii generatorów.
- Zainstalowany system baterii umożliwia wykorzystanie energii z ładu do ładowania baterii akumulatorów oraz do zastąpienia silników pomocniczych, a w konsekwencji możliwe jest lokalne zmniejszenie negatywnego oddziaływania statku na środowisko, gdyż praca w trybie

zasilania bateryjnego oznacza żeglugę bez hałasu, wibracji i emisji CO₂.

5. BIBLIOGRAFIA

1. IMO Resolution MEPC 308(73), Annex5, Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships, 2018, London.
2. Kumar D., Zare F.: Comprehensive review of Maritime Microgrids, IEEE Access, Volume 7, 2019, s.67249-67277.
3. IMO Resolution MEPC 62(24) Add.1, Annex 19 – Resolution MEPC 203(62), 2011.
4. Zeńczak W.: The selected ways of improving the factors of energy efficiency of ships, Journal of Gdynia Maritime University, N°108/2018, s.181-196.
5. Szelangiewicz T., Abramowski T., Żelazny K., Sugalski K., Reduction of Resistance Fuel Consumption and GHG Emission of Small Fishing Vessel by Adding a Bulbous Bow, Energies 2021, 14, 1877.
6. DNV, Rules for the Classification Ship, Part 4 Systems and Components, Chapter 8, Electrical installations, Edition July 2022.
7. <https://www.gospodarkamorska.pl/stocznia-remontowa-shipbuilding-przekazala-norwegom-prom-elektryczny-fodnes-57277#lg=1&slide=0> (access 22.06.2023)
8. Gnaciński P., Tarasiuk T., Mindykowski J., Pepliński M., Górniak M., Hallmann D., Piłat A.: Power Quality and Energy – Efficient Operation of Marine Induction Motors, IEEE Access, Vol.8, s.152193-152203.
9. Mindykowski J., Tarasiuk T.: Problems of power quality in the wake of ship technology development, Ocean Engineering, Vol.107, 2015, s.108-117.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE POSSIBILITIES OF IMPROVING THE SHIP'S ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX ON THE BASIS OF THE PASSENGER – CAR FERRY WITH INNOVATIVE HYBRID THRUSTER POWER SUPPLY SYSTEM

In this paper the results of the experimental verification of the possibilities of improving the ship's energy efficiency design index have been presented. These results deal with using of innovative solution of hybrid electric power system on the passenger – car ferry equipped with electric propulsion type of Diesel Electric Hybrid. The discussed and carried out during the sea trials solution concerns the electric power system powered by batteries cooperating with generating sets. In the article it has been shown that use of energy storage systems with appropriate adapting the operation modes of the power system to current needs allows the ship energy balance improvement with simultaneous fuel consumption and CO₂ emission reduction. Aforementioned effects have been achieved together with maintaining the adequate values of electrical power quality parameters.

Keywords: improvement the ship's EEDI index, hybrid thruster power supply system, power management optimization, electric power quality.

WYKORZYSTANIE WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI DO WIZUALIZACJI DANYCH Z DRZEWA GENEALOGICZNEGO

Sergey BUDARIN¹, Paweł POCZEKAJŁO²

1. Politechnika Koszalińska, Wydział Elektroniki i Informatyki
tel.: 502 352 074 e-mail: contact@doebutchersgames.com
2. Politechnika Koszalińska, Wydział Elektroniki i Informatyki
tel.: 94 3478 721 e-mail: pawel.poczekajlo@tu.koszalin.pl

Streszczenie: Praca omawia tworzenie aplikacji do wizualizacji drzewa genealogicznego w wirtualnej rzeczywistości, przygotowanej w ramach pracy inżynierskiej. Wykorzystując trójwymiarową przestrzeń oraz urządzenie Meta Quest, użytkownik może eksplorować wybrane przez niego drzewo rodzinne. Aplikacja została opracowana w silniku Unity.

Słowa kluczowe: VR, Drzewo rodzinne, grafy przestrzenne, Unity, C#, Meta, Quest

1. WPROWADZENIE

Badać własne drzewo genealogiczne można zarówno dla rozrywki jak i w celach informacji lub edukacji. Dzięki tym drzewom możemy sięgnąć wstecz, odkryć dawne korzenie, pochodzenie osób, jak i poznać ich historie, jeżeli zostało to udokumentowane. Jednak rynek aplikacji do tworzenia drzew genealogicznych zdaje się być zatrzymany w czasie, gdyż większość z nich nie przesła istotnych zmian w sposobie wizualizacji danych przez ostatnie 20 lat [1]. W dobie globalnego Internetu, aplikacje te przekształciły się w narzędzia do odnajdywania nowych informacji, wykorzystując ogólnodostępne bazy danych. Jednak, nadejście nowych technologii, w tym rzeczywistości wirtualnej, otwiera nowe horyzonty i perspektywy.

Wirtualna rzeczywistość (VR) [2] to dynamicznie rozwijająca się platforma, która staje się coraz bardziej dostępna dla użytkownika. To otwiera nowe możliwości dla różnorodnych zastosowań, oferując twórcom nieograniczone pole do innowacyjnych projektów. W dzisiejszych czasach, wraz z nowym zaawansowanym sprzętem, możliwości tej technologii są znacznie lepsze niż w przeszłości, pozwalając na naturalne i intuicyjne oddanie treści w trójwymiarowej przestrzeni. Wśród nowych możliwości, które oferuje VR, kluczowym jest prezentowanie złożonej informacji w trójwymiarowej przestrzeni [3]. Daje to możliwość na ukazanie danych w bardziej przystępny i naturalny sposób, który zbliża się do naszego zrozumienia rzeczywistego świata.

Warto zauważyć, że w przypadku tradycyjnych aplikacji 2D, stworzenie czytelnej i intuicyjnej nawigacji w przestrzeni trójwymiarowej jest sporym wyzwaniem. Skomplikowane interfejsy i niestandardowe sposoby poruszania się bywają mylące (np. w aplikacji Blender 3D), zwłaszcza dla użytkowników niezaznajomionych z danym oprogramowaniem. Nawigacja w trójwymiarowym środowisku za pomocą VR rozwiązuje ten problem - wykorzystując naturalne ruchy głowy, ciała i kontrolery lub

dłonie, znacząco zwiększa intuicyjność obsługi i pozwala na głębsze wczucie się w przedstawiane treści. Wraz z rozwojem zaawansowanych technologii rozszerzonej rzeczywistości (XR), dostępne będą też kolejne nowe możliwości.

1.1. Cel pracy

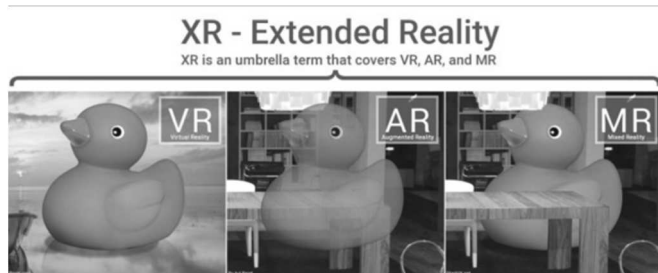
Niniejsza praca ma na celu wykonanie aplikacji umożliwiającej wizualizację drzew rodzinnych w przestrzeni trójwymiarowej. Głównym zadaniem jest opracowanie algorytmu do reprezentacji danych w kontekście środowiska 3D oraz integracji rozwiązania na wybrane urządzenie VR. W ramach projektu, zostanie zaprojektowana i zrealizowana aplikacja umożliwiająca użytkownikowi interaktywne eksplorowanie drzewa genealogicznego w nowatorski sposób.

2. WIRTUALNA RZECZYWISTOŚĆ (VR)

Platforma XR (ang. Extended Reality) przedstawiona również na rysunku 1 składa się z trzech różnych metod reprezentacji danych:

- **VR** - wirtualna rzeczywistość, zasłonięcie widoku użytkownika całkowicie wirtualnym światem. Najbardziej powszechna platforma. Największy wpływ w rozwój rynku miały firmy takie jak Meta, Valve i HTC. Platforma dzieli się też na urządzenia stacjonarne i niezależne. Stacjonarne wymagają zewnętrznego połączenia z komputerem, zazwyczaj za pomocą przewodu. Niezależne natomiast, są to urządzenia, które nie wymagają dodatkowego komputera, są to całkowicie niezależne jednostki. Przykładem jest np. hełm Meta Quest 2, Pico Neo, Vive Cosmos. Technologia VR jest idealna dla tworzenia immersyjnych środowisk lub tworzenia ciekawych gier.
- **MR** - mieszana rzeczywistość, czyli wyświetlenie wirtualnych obiektów w rzeczywistym świecie, gdzie wirtualne obiekty mogą być zasłonięte przez inne przedmioty w świecie. Taką funkcjonalność mają hełmy Apple Vision Pro, Meta Quest Pro lub 3, Microsoft HoloLens 2 i Magic Leap. Ta kategoria jest najbardziej przyjazna dla większości użytkowników.
- **AR** - dopełniona rzeczywistość, wyświetlenie informacji dodatkowo, nad światem, który widzi użytkownik. Taką funkcjonalność mają okulary firmy Nreal i Vuzix. Najmniej powszechna, ale również przydatna kategoria. Dane

rozwiązania, jako że nie zasłaniają całkowicie widoczności, są traktowane jako bezpieczniejsze.

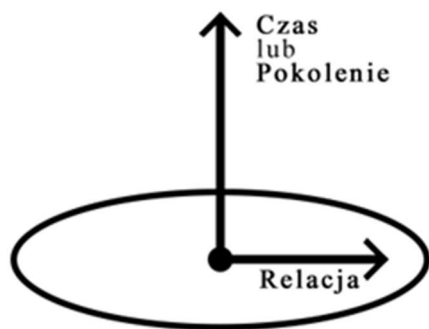


Rys. 1. Wizualizacja pomagająca zrozumieć różnice między technologiami, źródło [4]

W momencie tworzenia opisywanej pracy, aplikacja została stworzona w środowisku VR, jednak możliwości przekształcenia jej na inne platformy, takie jak AR czy MR, są obecnie łatwo dostępne. Meta (znana też kiedyś jako Oculus) zaczęła wspierać technologie MR w swoich urządzeniach, co w chwili tworzenia pracy inżynierskiej nie było jeszcze tak powszechnie dostępne. Również warto zaznaczyć, że stworzenie aplikacji w VR oraz przeniesienie jej do innych technologii, takich jak AR czy MR, nie stanowi większego wyzwania technicznego, dzięki temu, że aplikacja była zaimplementowana w środowisku Unity.

2.1 Projekt systemu

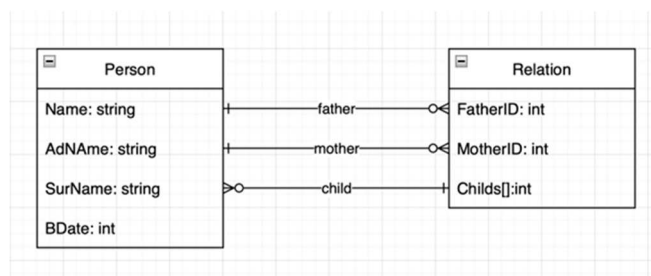
Na etapie projektowania, pierwszym kluczowym krokiem jest opracowanie optymalnej reprezentacji danych. Opierając się na istniejących aplikacjach, efektywne wydaje się przedstawianie drzewa genealogicznego od najmłodszej osoby u podstawy do najstarszej osoby w górę. Taka hierarchia ułatwia ukazanie relacji i odgałęzień w rodzinie. Zastosowana w pracy metoda reprezentacji widoczna jest na rysunku 2. Korzystając z trzech wymiarów, uzyskujemy większą przestrzeń do przedstawienia kompletnych relacji rodzinnych, włączając w to rodzeństwo i potomków. Uzyskany rezultat, po przetestowaniu w aplikacji Gravity Sketch, będzie finalnie implementowany w Unity.



Rys. 2. Uproszczony schemat, przedstawiający logiczne znajdowanie się osoby względem relacji i czasu

Kluczowym aspektem projektu jest także przechowywanie danych drzewa genealogicznego w bazie danych. Wybór padł na relacyjną bazę danych ze względu na przewidywaną wielkość danych oraz potrzeby aplikacji. Struktura bazy danych, zaprezentowana na rysunku 3, składa się z dwóch tabel. Pierwsza tabela zawiera informacje o osobach, włącznie z imieniem, nazwiskiem, datą urodzenia itp. Druga tabela przechowuje dane relacji, czyli o rodzicach i dzieciach. Wykorzystane są numery identyfikacyjne ID ojca

i matki, oraz listy identyfikatorów dzieci. W przypadku braku potomstwa, lista dzieci pozostaje pusta.



Rys. 3. Schemat bazy danych

2.2 Zestaw narzędzi

Śród dostępnych środowisk programistycznych do projektów VR, wybór ostateczny padł na silnik Unity. Kluczowym czynnikiem decydującym był fakt, że aplikacja była tworzona na platformę Meta Quest, która cieszy największą popularnością na rynku VR oraz jednym z najlepszych wsparć narzędziowych. Szczególnie widać to w obszarze XR, integracji w Unity oraz dostępu do dobrej dokumentacji [5]. Platforma ta, dostarcza też bogatą bibliotekę Assetów (biblioteki utworzone przez społeczność), które pomagają w przyspieszeniu pracy nad projektem, tak ze strony graficznej, jak i programistycznej.

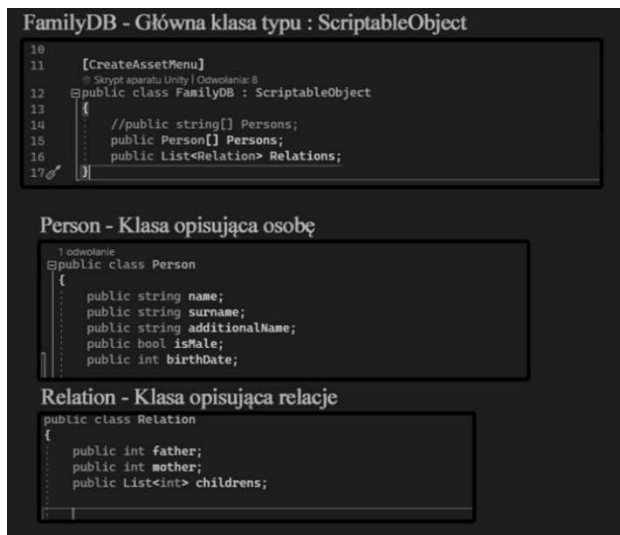
2.3 Wykorzystane biblioteki:

Wspomagając się narzędziami pomocniczymi, skorzystano z następujących bibliotek:

- Oculus Integration/Meta Integration** [6]: Darmowy, oficjalny zestaw narzędzi dostarczony przez firmę Meta. Zawiera niezbędne komponenty i biblioteki do skonstruowania działającej aplikacji na urządzenia Meta. Ponadto, udostępnia podstawowe elementy niezbędne do stworzenia aplikacji na platformę Quest.
- Hurricane VR (HVR)** [7]: Płatne narzędzie, znane również jako HVR, stanowiące zbiór rozwiązań ułatwiających pracę nad projektem VR. Oferuje interfejsy interakcji z otoczeniem wyższej jakości niż darmowe alternatywy. Biblioteka ta dostarcza również gotowe szablony scen, modele oraz komponenty, umożliwiające tworzenie niestandardowych funkcjonalności dla gry lub aplikacji VR.

2.4 Implementacja Bazy danych

Domyślnie Unity nie posiada implementacji baz danych na podstawie SQL, dlatego jest potrzebna pisanie własnego systemu bazodanowego stosując do tego język c#, wykorzystując listy i tabele. Dla wygodnej edycji i zapisywania danych, istnieje komponent *ScriptableObject*, który zapisuje w nim dane w pliku *.asset (stosując Json). Do komponentu *ScriptableObject* umieszczamy, co i jak chcemy zapisać, czyli w naszym wypadku obiekty publiczne *Person* i *Relation*. Dodajemy Argument „*[CreateAssetMenu]*” w celu możliwości z edytora tworzyć nowe pliki *.asset, w który możemy zapisywać nasze informacje. Obiekty są przygotowane metodą DTO (ang. Data Transfer Object), która umożliwia w wygodny sposób przechowywać złożone dane, lub nawet je przetwarzać z poziomu skryptu. W przypadku projektu, są tam dane takie jak imię, nazwisko, płeć, data urodzenia itp. Realizacja została przedstawiona na rysunku 4. Skończony komponent, po utworzeniu nowego Assetu, przedstawia nam pola, do których możemy wprowadzić dane którymi chcemy wypełnić naszą bazę.

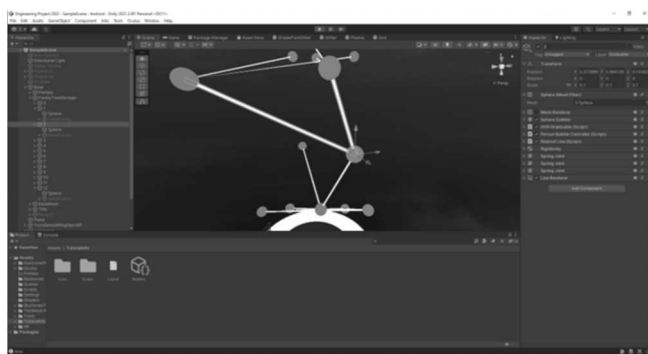


Rys. 4. Przedstawienie kodu w komponencie *Scriptable Object* (FamilyDB.cs)

2.5 Algorytm Wizualizacji Drzewa Genealogicznego

Wizualizacja drzewa genealogicznego w środowisku Unity została oparta na tworzeniu połączeń z wykorzystaniem "Sprężyn". Algorytm inicjuje proces poprzez umieszczenie wszystkich osób z bazy danych w scenie Unity, sortując je chronologicznie według dat urodzenia. Następnie, osoby są łączone poprzez relacje za pomocą dynamicznych "Sprężyn". Takie podejście prowadzi do naturalnie wyglądających połączeń, które opierają się na fizycznych właściwościach dostarczanych przez silnik Unity. Wyświetlanie linii między osobami które mają ze sobą relacje, jest realizowane za pomocą wbudowanego komponentu w silniku Unity o nazwie *LineRenderer* (rys. 5).

Interakcja użytkownika z obiektami drzewa jest realizowana przy użyciu kontrolerów VR [8]. Ręce użytkownika są traktowane, jako obiekty fizyczne w aplikacji, co umożliwia swobodne oddziaływanie z elementami drzewa rodzinnego. Dzięki tej implementacji, użytkownik może eksplorować drzewo, przemieszczać się wśród relacji oraz oddziaływać z poszczególnymi osobami w sposób intuicyjny i realistyczny. Sfinalizowany projekt przedstawiony jest na rysunku 6.



Rys. 5. Przedstawienie komponentu *LineRenderer*



Rys. 6. Prezentacja projektu z perspektywy pierwszej osoby na urządzeniu Meta Quest.

3. PODSUMOWANIE

Niezależnie od napotkanych wyzwań podczas tworzenia aplikacji, w tym problemów wynikających z szybkiego rozwoju technologii i zmieniającej się dokumentacji, udało się zrealizować zamierzony cel. Obecna implementacja koncentruje się na wyświetlaniu informacji, ale istnieje potencjał do dalszego rozwoju, w tym wprowadzenia trybu wieloosobowego oraz wykorzystania rozszerzonej.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Rynek gier VR, <https://strefainwestorow.pl/artykuly/gaming/20220825/raport-vr-carbon-studio-iron-vr>, data dostępu 18.09.2023 r.
2. Cai Y., Jin Z., Liu S., Ying J.: Application and Research of VR in Education. *Applied and Computational Engineering*, 8, 2023, s. 259-265.
3. Belter M., Lukosch H., Lindeman R., Wu Y., Steinicke F.: Exploring Virtual Reality (VR) to Foster Attention in Math Practice – Comparing a VR to a Non-VR Game, 2023.
4. The differences between VR, AR & MR, <https://www.linkedin.com/pulse/differences-between-vr-ar-mr-avi-barel/>, data dostępu 18.09.2023 r.
5. Android Studio Basics. <https://developer.oculus.com/documentation/native/android/mobile-studio-basics>, data dostępu 18.09.2023 r.
6. Oculus Integration, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/oculus-integration-82022>, data dostępu 18.09.2023 r.
7. Hurricane VR - Physics Interaction Toolkit, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/hurricane-vr-physics-interaction-toolkit-177300>, data dostępu 18.09.2023 r.
8. Zhou Y., Shi L., He Z., Li Z., Wang J.: Design Paradigms of 3D User Interfaces for VR Exhibitions, 2023.

CREATING FAMILY TREES IN VIRTUAL REALITY

The paper discusses the creation of an application for visualizing a family tree in virtual reality, prepared as part of an engineering thesis. Utilizing a three-dimensional space and the Meta Quest device, users can explore their selected family tree. The application was developed using the Unity engine.

Keywords: VR, family tree, spatial Graph, unity, c#, meta, quest.

