

PRACE
KÓŁ
NAUKOWYCH
Politechniki
Rzeszowskiej
w roku
akademickim
2024/2025

SUPLEMENT

Rzeszów 2025

Wydano za zgodą Rektora

R e c e n z e n c i

Ewelina NYCZ, Jolanta STEC-RUSIECKA
Mariusz NYCZ

R e d a k t o r n a c z e l n y

Wydawnictw Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Lesław GNIEWEK, prof. PRz

R e d a k t o r n a u k o w y

dr inż. Bartosz TRYBUS
Politechnika Rzeszowska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Katedra Informatyki i Automatyki

Wydruk z matryc dostarczonych przez redaktora naukowego.
W procesie wydawniczym pominięto etap opracowania językowego.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej
Rzeszów 2025

p-ISBN 978-83-7934-809-1

e-ISBN 978-83-7934-810-7

Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
<https://oficyna.prz.edu.pl>

Ark. wyd. 3,92. Ark. druk. 4,50. Wydrukowano we wrześniu 2025 r.
Drukarnia Oficyny Wydawniczej PRz
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
Zam. nr 45/25

SPIS TREŚCI

Bartosz Trybus Od redakcji	5
Wiktoria Duża, Jan Polaszczyk <i>Studenckie Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”</i> Promowanie miejsc turystycznych poprzez media społecznościowe	6
Bartłomiej Staroń <i>Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”</i> Międzypokoleniowe podejście do podróżowania – porównanie postaw, oczekiwań i zwyczajów podróżniczych	18
Krystian Pupiec <i>Studenckie Koło Naukowe Informatyków „Kod”</i> Zastosowanie informatyki kwantowej w przetwarzaniu danych	34
Jakub Jucha, Kacper Rychel, Konrad Sitko, Łukasz Książek, Maciej Karczmarsz <i>Studenckie Koło Naukowe Informatyków „Kod”</i> System rejestracji czasu pracy oparty na Arduino Uno i RFID	57

Bartosz Trybus

OD REDAKCJI

Koła naukowe odgrywają istotną rolę w życiu akademickim. Tworzą środowisko współpracy i wymiany doświadczeń, wspierają rozwój kompetencji praktycznych oraz przyczyniają się do popularyzacji osiągnięć naukowych poza uczelnią. Dzięki temu stanowią ważny element kształcenia przyszłych specjalistów i budowania więzi uczelni z jej otoczeniem.

Suplement, który oddajemy do rąk Czytelników, prezentuje wybrane prace członków studenckich kół naukowych Politechniki Rzeszowskiej. Teksty te ukazują szerokie spektrum zainteresowań badawczych młodych autorów oraz ich gotowość do podejmowania tematów interdyscyplinarnych. Dla wielu z nich tom ten stanowi debiut publikacyjny, co nadaje mu szczególną wartość dokumentacyjną i inspiracyjną. Publikacja zarazem odzwierciedla kreatywność i determinację studentów, którzy łączą ambicję naukową z odwagą w poszukiwaniu nowych rozwiązań.

Recenzenci wysoko ocenili nadesłane prace, zwracając uwagę na ich klarowną strukturę, rzetelność analiz i znaczenie praktyczne. Na szczególne podkreślenie zasługują badania nad postawami turystycznymi w różnych grupach pokoleniowych, oparte na materiale ankietowym i zakończone spójnymi wnioskami. Uznanie zyskały także projekty techniczne, w tym prototypy systemów wykorzystujących identyfikację radiową i elementy algorytmów kwantowych, ocenione jako rozwiązania o potencjale wdrożeniowym oraz dydaktycznym.

Wiktoria Duża, Jan Polaszczyk

Studenckie Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”

mgr Jan Polaszczyk

opiekun Koła Naukowego

PROMOWANIE MIEJSC TURYSTYCZNYCH POPRAZEC MEDIA SPOŁECZNOŚCIOWE

Streszczenie

W rozdziale została podjęta próba analizy wpływu mediów społecznościowych na promocję usług i miejsc turystycznych. Omówiono ewolucję oraz funkcje social mediów jako nowoczesnych kanałów komunikacji marketingowej, które przekształciły sposób podejmowania decyzji konsumenckich. Zidentyfikowano trzy kluczowe sektory wykorzystujące te narzędzia: noclegi, pośrednictwo turystyczne i transport. Badania wskazują, że platformy takie jak Facebook, YouTube i Instagram znacząco wpływają na decyzje podróżnicze użytkowników. Tekst zwraca uwagę na potencjał content marketingu, personalizacji przekazu oraz interaktywności, które zwiększają efektywność kampanii promocyjnych. Konkluzja określa konieczność strategicznego podejścia do mediów społecznościowych w budowaniu przewagi konkurencyjnej w turystyce.

Słowa kluczowe: media społecznościowe, promocja turystyczna, marketing internetowy, turystyka cyfrowa.

1. Wprowadzenie

Współczesna turystyka nieodłącznie związana jest z procesami cyfryzacji i transformacji komunikacyjnej. Jednym z najważniejszych przejawów tych zmian jest gwałtowny rozwój mediów społecznościowych, które od początku XXI wieku redefiniują relacje między podmiotami rynkowymi a konsumentami. Media społecznościowe przestały pełnić jedynie funkcję platformy kontaktów międzyludzkich – stały się równocześnie narzędziem promocji, komunikacji oraz inspiracji, odgrywając szczególną rolę w branży turystycznej¹.

¹ M. Hańczuk, G. Rybołowicz, J. Szwed, J. Wilczyńska, A. M. Olszewska, *Wpływ mediów społecznościowych na relacje międzyludzkie*, journalList, Białystok, 2024, s. 292-313.

Współcześni podróżnicy coraz rzadziej polegają na klasycznych biurach podróży, a coraz częściej kierują się opiniami znajomych, recenzjami online i materiałami wizualnymi publikowanymi przez użytkowników w mediach społecznościowych.

Media społecznościowe, dzięki swojej dostępności, szybkości przekazu i potencjale wirusowemu, umożliwiają prowadzenie dynamicznych kampanii marketingowych, które mogą angażować miliony odbiorców na całym świecie. Wzrost znaczenia takich platform jak Facebook, Instagram, YouTube czy TikTok sprawił, że komunikacja marketingowa w sektorze turystycznym musiała dostosować się do nowej rzeczywistości, w której dominują obrazy, relacje na żywo, storytelling oraz interaktywność. Co więcej, istotną zmianą jest rola samych użytkowników, którzy z odbiorców stają się twórcami treści (tzw. prosumenci), mając realny wpływ na postrzeganie marek, kierunków podróży czy jakości usług.

W niniejszym rozdziale przedstawiono ewolucję mediów społecznościowych, ich cechy charakterystyczne oraz sposoby wykorzystania ich potencjału w promocji usług i miejsc turystycznych. Analizie poddano również konkretne przykłady działań marketingowych w obrębie trzech kluczowych obszarów turystyki: noclegów, pośrednictwa turystycznego oraz transportu. Celem opracowania jest ukazanie strategicznej roli mediów społecznościowych w kształtowaniu decyzji konsumenckich oraz wskazanie możliwości, jakie oferują one podmiotom działającym w branży turystycznej w kontekście budowania rozpoznawalności, zasięgu i lojalności klientów.

2. Powstanie, rozwój i wykorzystanie mediów społecznościowych

Trudno wskazać jednoznaczną datę narodzin mediów społecznościowych. Ich początki wiążą się z rozwojem Internetu w latach 1990–2004, a lata 2005–2009 to okres intensywnej ekspansji. Później pojawiały się kolejne formy. Wprowadzono ulepszenia i zwiększono funkcjonalność, co przełożyło się na wzrost

zainteresowania i liczby użytkowników². Popularność wykorzystania mediów społecznościowych w marketingu rozpoczęła się na przełomie 2009/2010 roku³. Jak każda nowo powstająca kategoria pojęciowa, media społecznościowe stanowiły i nadal stanowią wyzwanie w kwestii ich zdefiniowania – zarówno dla badaczy, praktyków, jak i samych użytkowników. Trudność w ich jednoznacznym ujęciu wynika nie tylko z przyjętej perspektywy analizy czy nieuchronnej dozy subiektywności, lecz przede wszystkim z dynamicznego charakteru zmian, jakie nieustannie poszerzają znaczeniowy zakres tego terminu. W rezultacie, proponowane definicje szybko tracą swoją aktualność – być może, podobnie jak same platformy społecznościowe, powinny one podlegać ciągłym aktualizacjom i ewoluować wraz z rozwojem nowych funkcji i zastosowań.

Jedną z pierwszych definicji mediów społecznościowych zaproponował Howard Rheingold⁴, przedstawiając je jako skupisko społeczne, wyłonione w Internecie w sytuacji, gdy jednostki, wykorzystując sieć, prowadzą wystarczająco długie publiczne konwersacje, z wystarczająco dużym zaangażowaniem emocjonalnym, aby wytworzyć osobiste relacje z innymi jednostkami w cyberprzestrzeni. Andreas M. Kaplan i Michael Haenlein opisują social media (media społecznościowe) jako „grupę internetowych aplikacji, opartych na ideologicznych i technologicznych fundamentach Web 2.0, pozwalających na tworzenie i wymianę treści pochodzących od użytkowników”⁵. Michel Laroche, Mohammad Reza Habibi i Marie-Odile Richard podkreślają, iż przekazywane treści nie są jedynie pasywnie przyswajane, lecz są one aktywnie rozpowszechniane przez odbiorców⁶. Trzy analizowane definicje mediów społecznościowych akcentują odmienne, lecz

² M. Kachniewska, *Media społecznościowe jako narzędzie nowoczesnego marketingu usług hotelarskich. Innowacyjne rozwiązania we współczesnym hotelarstwie*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013, s. 106-120.

³ M. Grzegory, *Serwisy społecznościowe jako narzędzie marketingowe*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia Informatica, Szczecin 2011, s. 35-47.

⁴ H. Rheingold, *The virtual community. Homesteading on the electronic frontier*, AddisonWesley, Reading MA 1993, s. 6.

⁵ A. M. Kaplan, M. Haenlein, *Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media*, Business Horizons, Vol. 53, nr 1, 2010, s. 59-68.

⁶ M. Laroche, M.R. Habibi, M. Richard, *To be or not to be in social media: How brand loyalty is affected by social media?*, International Journal of Information Management, Vol. 33, nr 1, 2013, s. 76-82.

uzupełniające się aspekty zjawiska. Rheingold skupia się na relacyjnym i emocjonalnym wymiarze interakcji, wskazując na wspólnototwórczą rolę mediów. Kaplan i Haenlein koncentrują się na technologiczno-systemowej podstawie funkcjonowania aplikacji, podczas gdy Laroche, Habibi i Richard eksponują aktywność użytkowników jako prosumentów, redefiniując relację nadawca–odbiorca. Zestawienie tych ujęć wskazuje, że media społecznościowe należy rozpatrywać jako złożone pole działania, łączące strukturę technologiczną, społeczne funkcje oraz partycypacyjną rolę użytkownika.

Wiele osób rości sobie prawo do autorstwa terminu, co – zważywszy na jego znaczenie we współczesnym dyskursie społecznym i technologicznym – wydaje się w pełni uzasadnione. Mowa tu bowiem o jednym z kluczowych pojęć definiujących realia współczesnego świata. Wśród osób wskazywanych jako możliwi autorzy znajduje się Tina Sharkey, była menedżerka korporacji AOL⁷. Sama firma również przypisuje sobie istotny udział w ukształtowaniu tej nazwy, podkreślając, że Sharkey miała po raz pierwszy usłyszeć to wyrażenie podczas jednego z wewnętrznych spotkań zespołu. W literaturze najczęściej spotyka się wskazania, że termin ten po raz pierwszy został użyty w 2004 roku przez Chris Shipley na jednej z branżowych konferencji⁸.

Coraz częściej aplikacje internetowe wyspecjalizowane w pewnym obszarze z biegiem czasu nabierają cech, które początkowo były dedykowane właśnie serwisom społecznościowym. Przykładem jest tu portal YouTube, a także TikTok, które początkowo służyły wymianie/publikacji zasobów w postaci materiałów video. Aktualnie są jednymi z kluczowych mediów społecznościowych służących do budowania społeczności⁹. Odpowiadają one współczesnym konsumentom turystycznym, którzy sami planują swoje podróże korzystając z „dostarczonych komponentów”, są w nieprzerwanym kontakcie z innymi użytkownikami sieci,

⁷ J. Małyk, *Wykorzystanie mediów społecznościowych w obszarze employer branding przez pracodawców z województwa podkarpackiego*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2023, s. 37.

⁸ L. M. Marska, *Pracownik naukowy w mediach społecznościowych – od popularyzacji nauki do kreowania wizerunku*, IINiB, UMCS, 2017, s. 202.

⁹ J. Małyk, *Wykorzystanie mediów społecznościowych w obszarze employer branding przez pracodawców z województwa podkarpackiego*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2023.

wymagają indywidualnego dostosowania konkretnych usług jak i całościowego planu wyjazdu wakacyjnego czy służbowego¹⁰. Podsumowując, media społecznościowe mają funkcję informacyjno-komunikacyjną, umożliwiają dzielenie się doświadczeniami, poglądami oraz recenzjami. Interakcje między osobami korzystającymi z portali pozwalają na stosowanie ich również na rynku usług hotelarskich¹¹.

Cechy charakterystyczne mediów społecznościowych¹²:

- możliwość tworzenia i moderacji przez dowolną osobę,
- dowolna skala użycia,
- możliwość natychmiastowego opublikowania treści po jej wytworzeniu,
- publikowanie treści jest początkiem procesu komunikacji,
- brak ograniczeń w modyfikacji opublikowanych informacji,
- idea social mediów działa dzięki społecznemu współuczestnictwu,
- społeczność skupiona wokół opublikowanej treści ma wpływ na jej wartość oraz jej dystrybucję.

Portale społecznościowe realizują cztery główne funkcje¹³:

- komunikacyjną,
- dzielenie się treścią,
- współtworzenie treści,
- tworzenie sieci kontaktów.

3. Wpływ mediów na wybory turystyczne

Marketing często kojarzy się z zabawnymi akcjami promocyjnymi. Jeśli dany materiał spodoba się odbiorcom i rozbawi ich do łez, internauci chętnie będą go

¹⁰ M. Kachniewska, *Media społecznościowe jako narzędzie nowoczesnego marketingu usług hotelarskich. Innowacyjne Rozwiązania We Współczesnym Hotelarstwie*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013, s. 106-120.

¹¹ L. Delińska, *Media społecznościowe jako determinanta rozwoju usług turystycznych. Ekonomiczne Problemy Usług*, Uniwersytet Gdański Wydział Zarządzania, 2018.

¹² A. Bojanowska, *Wykorzystanie mediów społecznościowych w działalności marketingowej przedsiębiorstw*, Marketing i Rynek, Lublin University of Technology, 2020, s. 3-4

¹³ M. Kachniewska, *Media społecznościowe jako narzędzie nowoczesnego marketingu usług hotelarskich. Innowacyjne Rozwiązania We Współczesnym Hotelarstwie*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013, s. 106-120.

sobie przesyłać i udostępniać. Największy sukces odnoszą treści zabawne lub kontrowersyjne – to właśnie one najlepiej sprawdzają się w marketingu. W takich przypadkach kontrowersyjność czy humor są wręcz pożądane. Sam przekaz reklamowy powinien być jedynie tłem – jeśli odbiorcy zorientują się, że chodzi wyłącznie o promocję, mogą stracić zainteresowanie i nie będą chcieli go dalej rozpowszechniać. Coraz częściej spotykamy się z przykładami marketingu, szczególnie w reklamie produktów czy miejsc turystycznych. Tego typu działania nie muszą opierać się wyłącznie na jednym filmie promocyjnym. Skuteczna może być również cała seria materiałów lub opowieści publikowanych w określonych odstępach czasu – to tylko zwiększa zainteresowanie odbiorców. W kampaniach kluczową rolę odgrywają obraz i dźwięk¹⁴.

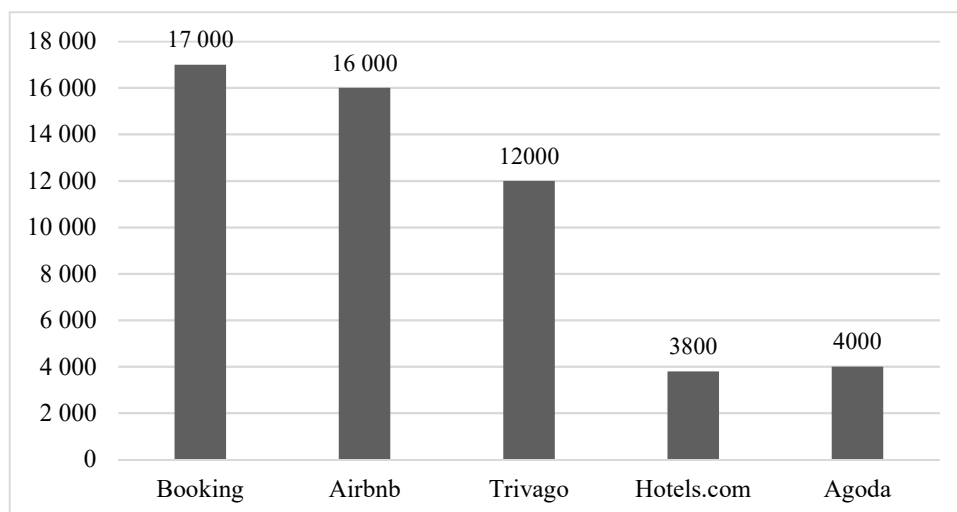
Obecnie użytkowanie social mediów jest coraz bardziej popularne, co przedstawiają poniższe statystyki¹⁵:

- YouTube – 29 milionów użytkowników, co stanowi 75,6% populacji,
- Facebook – 18,7 miliona użytkowników (48,6% populacji),
- Instagram – 11,3 miliona użytkowników (29,5% populacji),
- TikTok – 11,4 miliona użytkowników w wieku 18+ (36% dorosłej populacji),
- LinkedIn – 8,2 miliona użytkowników (21,4% populacji),
- Snapchat – 5,7 miliona użytkowników (14,9% populacji),
- Pinterest – 7,14 miliona użytkowników (18,6% populacji),
- X (Twitter) w Polsce – 5,33 miliona użytkowników (13,9% populacji).

Poniżej zaprezentowano analizę popularności wybranych profili z branży turystycznej na portalu społecznościowym Facebook.

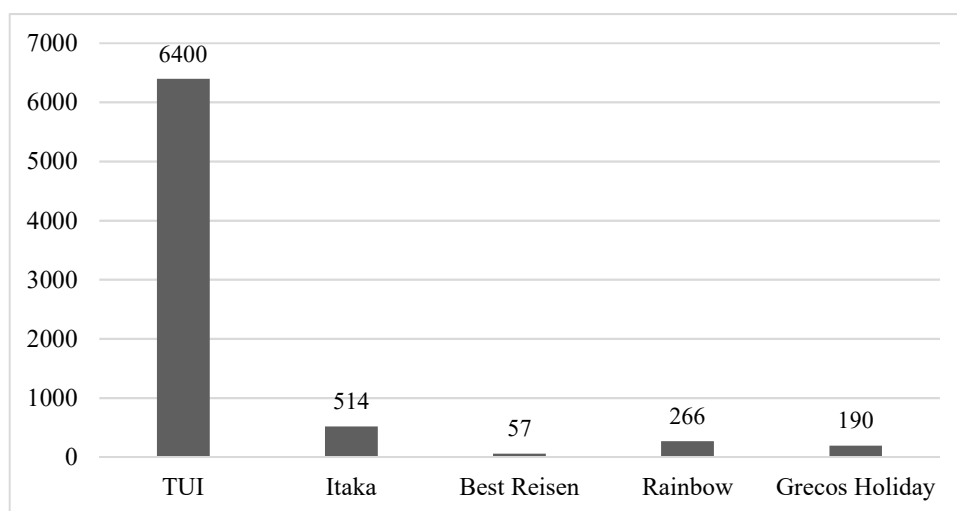
¹⁴ U. Kęprowska, *Marketing wirusowy w promocji miejsc i produktów turystycznych*, Wydział Zarządzania - Uniwersytet Gdański, 2014, s. 107/108.

¹⁵ <https://wenet.pl/blog/internet-i-media-spolecznosciowe-podsumowanie-raportu-digital-2025-poland/> (dostęp: 29.05.2025).



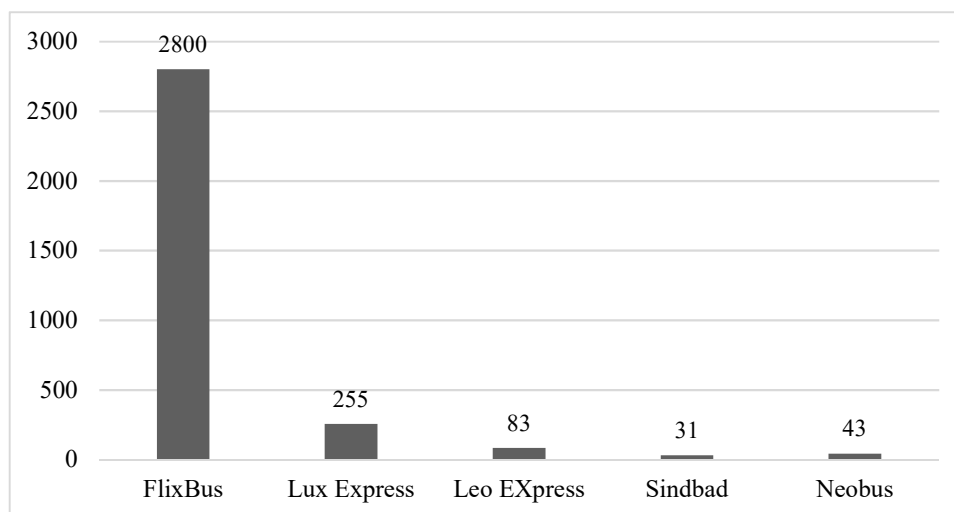
Wykres 1. Liczba obserwujących profile marek hotelarskich na Facebooku (w tysiącach)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://www.facebook.com/>



Wykres 2. Liczba obserwujących profile biur podróŜniczych na Facebooku (w tysiącach)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://www.facebook.com/>



Wykres 3. Liczba obserwujących profile firm transportowych na Facebooku (w tysiącach)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://www.facebook.com/>

Rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz powszechna cyfryzacja codziennego życia znacząco wpłynęły na funkcjonowanie rynku turystycznego. Media społecznościowe, zwłaszcza Facebook, stały się nieodzownym kanałem komunikacji między usługodawcami a konsumentami, wspierając wszystkie etapy procesu decyzyjnego: od rozpoznania potrzeby podróży, przez poszukiwanie i porównywanie ofert, aż po dzielenie się doświadczeniami po powrocie. Szczególne znaczenie mają serwisy umożliwiające personalizację treści, wymianę opinii oraz szybkie dotarcie do szerokiego grona odbiorców.

W kontekście usług turystycznych można wyróżnić trzy główne obszary aktywności w mediach społecznościowych: noclegi, pośrednictwo turystyczne oraz transport. Analiza porównawcza wybranych platform w tych kategoriach ukazuje istotne różnice w skali oddziaływania i strategii marketingowej.

W kategorii **noclegów** dominują globalne platformy rezerwacyjne, takie jak *Booking* (17 mln obserwujących) czy *Airbnb* (16 mln). Obie marki skutecznie wykorzystują media społecznościowe do promowania obiektów, prezentowania opinii użytkowników oraz wspierania decyzji konsumenckich poprzez wizualne inspiracje i systemy ocen. *Trivago* (12 mln) jako porównywarka cen również odnosi sukces, bazując na transparentności ofert i możliwości błyskawicznego

przeszukiwania różnych źródeł. Mniej rozpoznawalne, choć nadal aktywne, pozostają *Hotels.com* (3,8 mln) oraz *Agoda* (4 mln), które mimo rozbudowanej oferty, osiągają niższe zaangażowanie społeczności online.

Jeśli chodzi o **pośredników turystycznych**, wyraźnym liderem jest *TUI* (6,4 mln), który dzięki globalnemu zasięgowi i intensywnej obecności w mediach społecznościowych skutecznie promuje wyjazdy zorganizowane i oferty typu last minute. Znacząco niższe zasięgi mają polscy touroperatorzy, tacy jak *Itaka* (514 tys.), *Rainbow* (266 tys.) czy *Grecos Holiday* (190 tys.), co może wskazywać na ograniczone wykorzystanie social media jako narzędzia marketingowego. Niewielki zasięg *Best Reisen* (5,7 tys.) sugeruje marginalną obecność w tym kanale, co może ograniczać jego konkurencyjność na rynku.

W kategorii **transportu** najlepiej wypada *FlixBus* (2,8 mln), który łączy atrakcyjność cenową z dynamiczną komunikacją wizualną, dostosowaną do potrzeb cyfrowych konsumentów. W przeciwieństwie do tego, inni przewoźnicy, tacy jak *Lux Express* (255 tys.) czy *Leo Express* (83 tys.), nie wykorzystują w pełni potencjału mediów społecznościowych, co przekłada się na mniejsze zaangażowanie użytkowników. *Sindbad* (31 tys.) i *Neobus* (43 tys.), mimo ugruntowanej pozycji na rynku, cechuje również ograniczona aktywność w sieci.

Aktywność turystycznych podmiotów w mediach społecznościowych powinna być postrzegana nie tylko jako narzędzie promocji, lecz jako element strategiczny wpływający na decyzje konsumenckie. Badania wskazują, że ponad 95% turystów korzysta z zasobów cyfrowych podczas planowania podróży, odwiedzając średnio 19 stron internetowych i aplikacji mobilnych w ramach jednego wyjazdu¹⁶. Dodatkowo, 64% badanych planuje wakacje za pomocą mediów społecznościowych, a 69% firm z branży turystycznej wskazuje na Facebook jako istotne źródło klientów¹⁷.

Co istotne, treści tworzone przez użytkowników – zdjęcia, recenzje, rekomendacje – stają się decydującym czynnikiem zakupowym, zwłaszcza w przypadku

¹⁶ J. Guggenheim, *Travel Goes Mobile*. BCG Perspectives, 2014.

¹⁷ L. Chang, C. Tsai, W. Chang, U. Hsiao, *Social Media and Travel Behavior*, Tripl Travel Insights, 2011.

usług niematerialnych, takich jak noclegi czy wycieczki¹⁸. Transparentność opinii i możliwość bezpośredniego kontaktu z marką wzmacniają zaufanie klientów oraz podnoszą skuteczność kampanii marketingowych.

Podsumowując, liczba obserwujących w mediach społecznościowych koreluje z efektywnością działań promocyjnych danego podmiotu. Globalne platformy, które aktywnie wykorzystują social media, zyskują znaczną przewagę konkurencyjną. Dla lokalnych touroperatorów i przewoźników może to stanowić impuls do intensyfikacji obecności cyfrowej i budowania zasięgu poprzez interakcję, content marketing oraz recenzje klientów.

4. Podsumowanie

Publikacja nawiązuje do ogromnego potencjału promocyjnego mediów społecznościowych w kontekście turystyki. Współczesny rynek turystyczny funkcjonuje w środowisku zdominowanym przez technologie informacyjno-komunikacyjne, a jego uczestnicy – zarówno usługodawcy, jak i konsumenci – coraz częściej operują w przestrzeni cyfrowej. W efekcie media społecznościowe stały się nie tylko kanałem promocji, ale także przestrzenią budowania relacji, zaufania oraz wymiany doświadczeń.

Analiza wykazała, że podmioty aktywnie obecne w mediach społecznościowych, takie jak Booking, Airbnb czy TUI, osiągają znacznie większe zasięgi i zaangażowanie niż mniejsze, lokalne firmy, które nie w pełni wykorzystują dostępne narzędzia cyfrowe. Z kolei użytkownicy mediów społecznościowych – poprzez publikowanie zdjęć, opinii i rekomendacji – pełnią funkcję nieformalnych ambasadorów marek, kształtując opinie innych i wspierając procesy decyzyjne wśród potencjalnych turystów.

Współczesne kampanie promocyjne powinny więc opierać się na zasadzie interaktywności, autentyczności i wartości dodanej dla odbiorcy. Obrazy, krótkie filmy, relacje na żywo czy storytelling tworzą przestrzeń emocjonalnego zaangażowania, które jest znacznie skuteczniejsze niż tradycyjne formy reklamy. Treści

¹⁸ Q. Ye, R. Law, B. Gu, *The impact of online user reviews on hotel room sales*, International Journal of Hospitality Management, 28, 2009, s. 180-182.

te, zwłaszcza jeśli są tworzone przez samych użytkowników, zyskują autentyczność i większą siłę perswazji.

W przyszłości rola mediów społecznościowych w turystyce będzie jeszcze bardziej znacząca. Zmieniające się preferencje konsumentów, rozwój technologii mobilnych oraz algorytmy personalizacji treści sprawiają, że tylko te marki, które będą potrafiły skutecznie i kreatywnie wykorzystać potencjał social mediów, utrzymają konkurencyjność na rynku. Lokalne firmy, które zdecydują się na intensyfikację swojej obecności cyfrowej, mogą znacząco zwiększyć swój zasięg i wpływ na decyzje podróżnicze współczesnych konsumentów.

Bibliografia

- Bojanowska A., *Wykorzystanie mediów społecznościowych w działalności marketingowej przedsiębiorstw*, Marketing i Rynek, Lublin University of Technology, 2020.
- Chang L., Tsai C., Chang W., Hsiao U., *Social Media and Travel Behavior*, Tripl Travel Insights, 2011.
- Delińska L., *Media społecznościowe jako determinanta rozwoju usług turystycznych. Ekonomiczne Problemy Usług*, Uniwersytet Gdański Wydział Zarządzania, 2018.
- Grzegory M., *Serwisy społecznościowe jako narzędzie marketingowe*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia Informatica, Szczecin 2011.
- Guggenheim J., *Travel Goes Mobile*. BCG Perspectives, 2014.
- Hańczuk M., Rybołowicz G., Szwed J., Wilczyńska J., Olszewska A. M., *Wpływ mediów społecznościowych na relacje międzyludzkie*, journalList, Białystok, 2024.
- Kachniewska M., *Media społecznościowe jako narzędzie nowoczesnego marketingu usług hotelarskich. Innowacyjne rozwiązania we współczesnym hotelarstwie*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013.
- Kaplan A. M., Haenlein M., *Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media*, Business Horizons, Vol. 53, nr 1, 2010.
- Kęprowska U., *Marketing wirusowy w promocji miejsc i produktów turystycznych*, Wydział Zarządzania - Uniwersytet Gdański, 2014.
- Laroche M., Habibi M.R., Richard M., *To be or not to be in social media: How brand loyalty is affected by social media?*, International Journal of Information Management, Vol. 33, nr 1, 2013.
- Marska L. M., *Pracownik naukowy w mediach społecznościowych – od popularyzacji nauki do kreowania wizerunku*, IINiB, UMCS, 2017.
- Masłyk J., *Wykorzystanie mediów społecznościowych w obszarze employer branding przez pracodawców z województwa podkarpackiego*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2023.

Rheingold H., *The virtual community. Homesteading on the electronic frontier*, AddisonWesley, Reading MA 1993.

Ye Q., Law R., Gu B., *The impact of online user reviews on hotel room sales*, International Journal of Hospitality Management, 28, 2009.

Źródła internetowe

<https://wenet.pl/blog/internet-i-media-spolecznosciowe-podsumowanie-raportu-digital-2025-poland/> (dostęp: 29.05.2025).

Bartłomiej Staroń

Koło Naukowo-Badawcze Turystyki „Tuptuś”

dr inż. Artur Stec

opiekun Koła Naukowego

MIĘDZYPOKOLENIOWE PODEJŚCIE DO PODRÓŻOWANIA – PORÓWNANIE POSTAW, OCZEKIWAŃ I ZWYCZAJÓW PODRÓŻNICZYCH

Streszczenie

Turystyka jest popularna we wszystkich grupach wiekowych, jednak wiek wpływa na długość i sposób organizacji wyjazdu. Młodszy preferują krótsze, samodzielne podróże i tańsze zakwaterowanie. Starsi wybierają dłuższy wypoczynek, wyższy standard oraz oferty zorganizowane. Młodszy podróżują nad jeziora i morze, starsi preferują góry, zabytki i tereny wiejskie. Dochody wpływają na styl podróży: młodsi mają mniejsze możliwości, starsi częściej korzystają z komfortowych form wypoczynku. Celem pracy jest zidentyfikowanie postaw, oczekiwań oraz zwyczajów podróżniczych przedstawicieli różnych pokoleń, ze szczególnym uwzględnieniem różnic i podobieństw między nimi. Obiektem badań byli przedstawiciele pokoleń X, Y i Z. Badanie przeprowadzono metodą ankiety internetowej.

Słowa kluczowe: rodzaje pokoleń, turystyka wypoczynkowa, preferencje turystyczne.

1. Wprowadzenie

Celem niniejszego opracowania jest zidentyfikowanie postaw, oczekiwań oraz zwyczajów podróżniczych, przedstawicieli poszczególnych pokoleń, z położeniem szczególnego nacisku na ukazanie różnic i podobieństw między nimi, opierając się na przyjętej klasyfikacji, w której wyróżniamy kilka generacji tj., Baby Boomers, Pokolenie X, Pokolenie Y oraz Pokolenie Z. W publikacji przedstawiono charakterystykę każdego z wymienionych pokoleń, ich poglądy, podejścia i ukierunkowanie, co do różnych dziedzin życia. Obiektem badań jest grupa 120 respondentów poddanych badaniu ankietowemu. Wyniki badań zostały przedstawione w graficznej formie i dotyczą one preferencji turystycznych poszczególnych grup.

Analiza badań mocno akcentuje zależność pomiędzy wyborem miejsca wypoczynkowego, a budżetem ankietowanych oraz ich zainteresowaniami. Z wiekiem cele wyjazdów zmieniają się. Starsze osoby wybierają miejsca bogate w architekturę zabytkową oraz obszary wiejskie. Zbieżnym elementem z młodszym pokoleniem jest preferowanie terenów górskich.

2. Istota turystyki

„Żeby poznać zakończenie podróży, trzeba w nią wyruszyć¹”. Tymi słowami znany podróżnik Tony Kososki, obala w swojej książce standardowe stereotypy, omijania miejsc zakazanych i niebezpiecznych jako celu podróży, zachęcając do ich odkrywania, kreując w ten sposób nowe atrakcje turystyczne. Podróżowanie od zarania dziejów było wpisane w ludzką naturę. Człowiek przemieszczał się począwszy od czasów starożytnych, prowadząc koczowniczy tryb życia, poszukiwał żywności i lepszych warunków do życia. Współcześnie podróże odbywają się w celach zarobkowych, służbowych, zdrowotnych i wypoczynkowych.

Ze względu na cel podróży turystykę można podzielić na²:

- wypoczynkową czyli wyjazdy, które mają na celu głównie regenerację sił witalnych oraz relaks, zazwyczaj w miejscach górskich, nadmorskich czy też uzdrowiskowych;
- krajoznawczą, skierowaną na poznanie atrakcji danego regionu, tj. zabytków, tradycji, kultury czy też przyrody;
- zdrowotną, w głównej mierze zakładającą wypoczynek w uzdrowiskach, sanatoriach, spa czy ośrodkach rehabilitacyjnych. Związana jest z poprawą stanu zdrowia wypoczywającego;
- biznesową, opartą na wyjazdach w celach służbowych, np. targi, konferencje lub spotkania zawodowe;
- sportową, związaną z aktywnością fizyczną np. obozy sportowe, zawody lub wyjazdy rekreacyjne;

¹ T. Kososki, Nie każdy Brazylijczyk tańczy sambę, Muza, Warszawa 2016, s. 57-58.

² J. Czerwiński, Podstawy Turystyki, CEDEWU 2023 s. 10.

- edukacyjną, skupioną na poszerzaniu wiedzy np. poprzez kursy językowe, wymiany studenckie czy wyjazdy naukowe;
- religijną, ukierunkowaną na zwiedzanie miejsc kultu, sanktuariów, a także uczestnictwo w wydarzeniach kulturowych.

To właśnie w odniesieniu do turystyki wypoczynkowej dokonano analizy podejść różnych pokoleń na podstawie ich przyzwyczajeń, wymagań i celów, którymi kierują się przy wyborze miejsca na regenerację sił.

Istotą turystyki jest ruch jaki generowany jest poprzez przemieszczanie się ludzi, pieniędzy, dóbr, informacji oraz wartości kulturowych, który wpływa przy tym na różne aspekty społeczno-gospodarcze, polityczne i kulturowe niosąc ze sobą pewne wartości ale i zagrożenia w stosunku do przestrzeni i jej walorów. Udział w turystyce jest dobrowolny i wynika z indywidualnych potrzeb i decyzji podróżujących, zaspakajając przy tym ich potrzeby związane z odpoczynkiem i potrzebą poznawania nowych rzeczy. Turystyka postrzegana jest również jako zjawisko ekonomiczne, ponieważ kieruje się prawami ekonomii. W tym kontekście formułuje się definicje akcentując problematykę przemieszczania się, czasu pobytu, niezarobkowania oraz specyficzne cele turystyki. Tu ruch turystyczny identyfikuje się ze zjawiskiem popytu, a sfera obsługi ruchu turystycznego z całym swym zapleczem materialnym i organizacyjnym spełnia funkcję podaży. Usługi turystyczne natomiast to działania o charakterze niematerialnym, które mają na celu zapewnienie klientom doświadczeń związanych z podróżą. Oferta turystyczna natomiast przedstawiana jest potencjalnemu nabywcy w postaci alternatywnych produktów turystycznych, uzależnionych od możliwości finansowych klienta, jego wymagań oraz możliwości organizacyjnych oferującego^{3,4}.

3. Rodzaje współczesnych pokoleń

Co wiemy o współczesnych pokoleniach? Jak bardzo różnią się od siebie? A może mają coś ze sobą wspólnego? Te pytania skłaniają nas do myślenia. W gruncie rzeczy poszczególne grupy pokoleń różnią się wyznawanymi war-

³ T. Łobożewicz., Bieńczych G., Podstawy Turystyki, WSE, Warszawa, 2001 s. 9.

⁴ W. Gaworecki., Turystyka, PWE, 1994, s. 11-12.

tościami, posiadanymi nawykami i preferowanymi stylami życia. Jednak czy sam wiek uniemożliwia przyjmowanie standardów zachowań charakterystycznych dla młodzieży przedstawicielom starszych grup? Czy powstrzymywanie się przez 60-latka od korzystania z rozrywek stereotypowo przeznaczonych dla młodzieży nie jest jedynie ograniczeniem nałożonym na nas przez społeczeństwo. Bo co jest dziwnego w rockandrollowym 60-latku bawiącym się na koncercie? Negatywne konotacje towarzyszące myśleniu o tym zjawisku to przecież tylko i aż ograniczenie nałożone przez pewne schematy przekazywane z pokolenia na pokolenie. Autor w niniejszym rozdziale będzie chciał wskazać różnice w turystycznych preferencjach różnych grup pokoleń, a jednocześnie doszukać się elementów łączących te grupy przy dokonywanych wyborach.

Boomerzy, milenialsi – są to współcześnie żyjące pokolenia. W ujęciu socjologów pokolenia poszczególnych generacji znacząco różnią się od siebie, co powoduje, że różnice te mają znaczący wpływ na trudności we wzajemnym porozumiewaniu się. Charakterystyczne są różnice w prezentowanych poglądach, podejście do różnych sfer życia, a także różnice w wyznawanych systemach wartości. Na pewno poznanie tych różnic może wpłynąć na zrozumienie się i unikanie konfliktów na wielu płaszczyznach, a mianowicie w życiu codziennym, w sferze prywatnej, rodzinnej, czy też służbowej – w pracy czy relacjach biznesowych⁵. Bazując na przyjętej klasyfikacji, ze względu na rok urodzenia danej osoby, wyróżnić można pokolenia identyfikowane jako: Baby Boomers, Pokolenie X, Pokolenie Y (Millenialsi), oraz Pokolenie Z (iGen)⁶.

Pokolenie *Baby Boomers*, czyli tzw. Boomerzy to osoby urodzone w latach 1946-1964. Nazwa *Baby Boomers*, oznacza dzieci wyżu demograficznego, który wystąpił po zakończeniu II wojny światowej. Głównymi przesłankami, którymi kierują się osoby należące do tej grupy pokoleniowej jest, stabilizacja i poczucie bezpieczeństwa, w odniesieniu do pracy, miejsca zamieszkania, a także związku, co ma być gwarantem w jesieni życia spokoju i bezpieczeństwa. Tradycja również

⁵ Burska L. „Pokolenie” - co to jak i jak? https://rcin.org.pl/Content/52502/WA248_69663_P-I-2524_burska-pokolenie.pdf (dostęp: 21.05.2025).

⁶ N. Howe i William Strauss, *Generations*, 1991 s. 34.

jest jedną ze składowych, opisującą Boomersów. Pewne schematy, zwyczaje, rytuały powtarzane w danych sekwencjach są dla nich bardzo ważne. Uważają poprzez to, iż trzymanie się zasad i ustaleń jakie obowiązują od dłuższego czasu, pozwoli im żyć w poczuciu bezpieczeństwa. Dlatego tak wielu z nich nie lubi zmieniać przyjętych nawyków, traktując wszelkie odstępstwa jako niepotrzebne „dziwactwa”. Boomersi kierują się obranym przez siebie autorytetem i niezmiennością poglądów. Lekarz, nauczyciel czy ksiądz ma zawsze rację. Boomersi wierzą w nieomylność autorytetów i nie mają co do tego faktu żadnych wątpliwości. Bronią raz ukształtowanego zdania w danym temacie i żadne racjonalne informacje nie są w stanie wpłynąć na zmianę ich poglądów.

Pokolenie X to osoby urodzone w latach 1965-1980. Są indywidualistami. Dążą do zmiany, aby nie powielać wzorców narzuconych przez swoich rodziców. Uważają, że ich poprzednicy charakteryzowali się zbyt konserwatywnym podejściem do życia. Tworzą nowe podejście skupiając się na rozwoju, podnoszeniu kompetencji i kroczeniu własną, wyznaczoną przez siebie ścieżką. Szacunek i miłość do rodziców przejawiają się chociażby w unikaniu przez nich niepotrzebnych spięć i konfliktów, wynikających z odmiennych osądów. Samodoskonalenie jest dla nich jednym z najważniejszych filarów ich autonomii. Wielu z nich zaczynało pracę zaraz po zmianach systemowych w kraju. Wydarzenia te skutecznie rozbudziły nadzieje tego pokolenia. Musieli się oni jednak bardzo szybko uczyć i przystosować do nowych warunków, co zdecydowanie odróżniało ich od Boomersów. Turbulentne otoczenie sprawiało, że częściej zmieniali zatrudnienie, a urzędy pracy „pękały w szwach” od kolejnych potencjalnych pracowników. W życiu zawodowym wykorzystują technologie, ale jedynie, gdy jest ona niezbędna i pozwoli im wejść na nowy poziom kariery⁷.

Pokolenie Millenialsów, czyli pokolenie Y to osoby urodzone w latach 1981-1996. W odróżnieniu od swoich rodziców doskonale radzą sobie z wszechobecną technologią. Potrafią wykorzystać ją w każdym aspekcie życia. Millenialsi

⁷ J. M. Twenge, Pokolenia. Prawdziwe różnice między pokoleniami X, Y, Z, baby boomersami i cichym pokoleniem oraz co one oznaczają dla przyszłości zachodniego świata, Smak Słowa 2023, s. 59-61.

dorastali nie tylko w świecie telefonii i komputerów, a także w przeświadczeniu o własnej wyjątkowości. Pokolenie X przedstawiało swoje dzieci jako uzdolnione i wyjątkowe w danym kierunku, co różniło się od podejścia ich rodziców, czyli Boomersów, którzy dążyli do tego, aby ich dzieci były normalne i takie jak wszyscy. Co do Millenialsów to wcale nie chcą być aż tacy wyjątkowi. Najchętniej chcą robić to co lubią, nie słuchając przy tym żadnych rad ze strony rodziców. Charakteryzują się brakiem autorytetów, nie przejmują się opiniami innych ludzi, poza własną grupą rówieśniczą. Z ich punktu widzenia wszyscy są równi bez względu na to czy ktoś jest młodszy czy starszy. Nie przywiązują się do miejsc czy rzeczy, łatwo zmieniają miejsce zamieszkania. Nie istnieje dla nich problem wyjazdu za granicę w celu podjęcia tam zatrudnienia. Zauważalny u nich jest utrudniony przepływ informacji w komunikacji werbalnej. Częściej pomiędzy sobą posługują się komunikatorami typu Messenger, używając skrótów, a także ikon wyrażających emocje (emotikonów). Warto zwrócić uwagę na niestabilną sytuację finansową Millenialsów. Z jednej strony potrafią zarabiać duże pieniądze dzięki pracy za granicą bądź prowadzą kanały na YouTube. Często zmieniają miejsca pracy co potwierdza ich bogate CV.

Pokolenie Z (iGen) to urodzeni w latach 1997-2012. To osoby cechujące się silnym związkiem z technologią. Nie znają oni czasów, w których nie było Internetu, social mediów smartfonów oraz aplikacji. Są lepiej wykształceni niż ich rodzice, choć często borykają się z gorszymi perspektywami finansowymi i zawodowymi. Są pragmatykami, ich realne spojrzenie na różnego rodzaju sprawy znacznie ułatwia im wykonywanie codziennych obowiązków, a także wspiera ich rozwój osobisty. Dlatego łatwiej radzą sobie z różnymi życiowymi wyzwaniami. Pomimo pewności siebie, często mają trudności w nawiązaniu kontaktów twarzą w twarz. Często wykazują potrzebę przynależności do określonych grup społecznych. Cenią sobie równowagę między pracą, a życiem prywatnym, co sprawia, że nie chcą pracować dłużej, niż jest to konieczne. Pokolenie Z zmaga się z brakiem stabilizacji w życiu oraz presją wynikającą z oczekiwań społecznych i zawodowych. Narażeni są na stres, gdyż dynamiczny rynek pracy wymaga od nich

ciągłego dostosowywania się do nowych trendów i warunków nie tylko w zakresie technologii, ale i wiedzy z różnych sferach życia⁸.

Klasyfikacja ta pokazuje jak przedstawione pokolenia różnią się między sobą ze względu na swoje doświadczenie, wartości i postawy. Każde z nich odznacza się unikalnymi cechami, a także doświadczeniem, wartościami i postawami, co wpływa na ich sposób funkcjonowania w społeczeństwie i na rynku pracy. Zrozumienie tych różnic pomaga w lepszej komunikacji i współpracy między zaprezentowanymi generacjami. Co do poglądów, poszczególne grupy może i różnią się między sobą, ale można doszukać się wspólnych cech, co autor opracowania będzie chciał wykazać na podstawie przeprowadzonych badań w aspekcie podróży o charakterze wypoczynkowym.

4. Analiza wyników badań

W pracy dokonano analizy odwiedzanych kierunków przez ankietowanych, długości wyjazdów, rodzaju zakwaterowania, formy organizacji wycieczek a także wybieranego środka komunikacji.

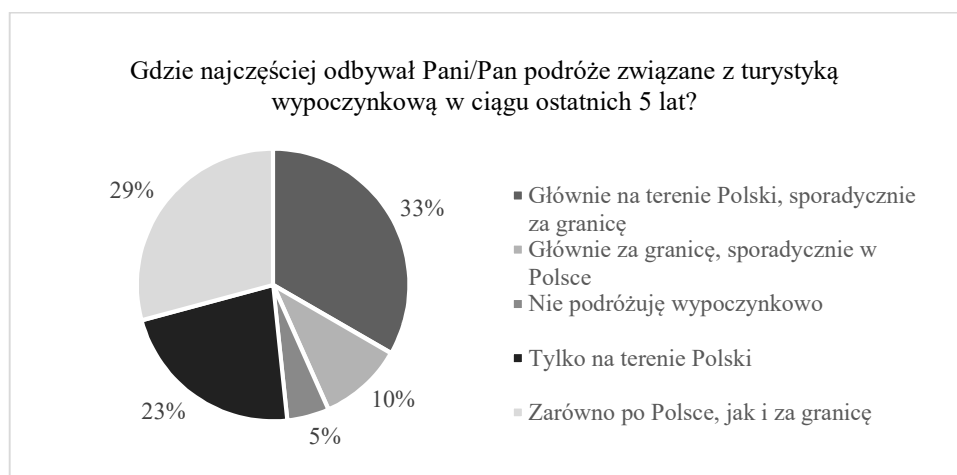
Analizie poddano grupę 120 respondentów (39% mężczyzn i 61% kobiet) w grupach wiekowych ujętych w klasyfikacji pokoleniowej. Grupa respondentów w wieku od 18-27 lat reprezentowała osoby pełnoletnie z pokolenia Z, natomiast w wieku 28-43 pokolenie Y. W przypadku pokolenia X górną granicę wiekową ustalono poniżej 60 roku życia. Wtedy w Polsce kobiety osiągają wiek emerytalny, który zmienia preferencje badanych. Co prawda mężczyźni nabywają uprawnień emerytalnych dopiero w wieku 65 lat, ale badania wymagały ujednolicenia górnej granicy wiekowej. Z tego też względu dla Boomersów przyjęto dolną granicę wiekową na poziomie 60 lat. W pracy dokonano analizy odwiedzanych kierunków przez ankietowanych, długości wyjazdów, rodzaju zakwaterowania, formy organizacji wycieczek a także wybieranego środka komunikacji. Większość ankietowanych była w wieku powyżej 60 lat (31%), grupa 18-27 lat stanowiła 30% respondentów, osoby w wieku 28-43 lat - 20%, 44-59 lat - 18%. Najczęściej wskazywaną

⁸ J. Suchecka, Pokolenie zmiany. Młodzi o sobie i świecie, który nadejdzie, WAB 2023, s. 17.

odpowiedzią, jeśli chodzi o dochód ankietowanych był przedział 2500-4000 zł - zaznaczyło go 37 respondentów, co stanowi 31% ogółu. Drugim najczęściej wybieranym przedziałem był 1000-2500 zł i wybrało go 25% badanych. Kolejne odpowiedzi to: 4000-5500 zł – 19%, Powyżej 5500 zł – 16%, poniżej 1000 zł – 7%.

4.1. Najczęściej odwiedzane miejsca

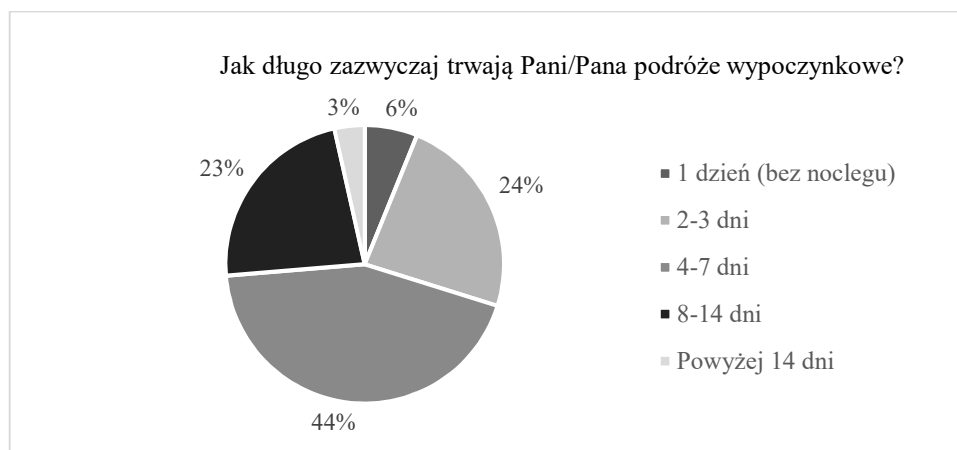
Respondenci pytani o obszar, na którym odbywali swoje podróże w związku z turystyką wypoczynkową w przeciągu ostatnich 5 lat najczęściej wskazywali teren Polski i sporadycznie wyjazdy za granicę - 33%; zarówno Polskę, jak i za granicę – 29%; tylko Polskę – 23%; wyjazdy za granicę, a tylko sporadycznie Polskę - 10%, Jedynie 5% pytanych nie wykazuje aktywności turystycznej (rysunek 1).



Rysunek 1. Najczęściej odwiedzane miejsca przez ankietowanych na przestrzeni ostatnich 5 lat
Źródło: Opracowanie własne.

4.2. Czas trwania podróży

Na rysunku 2 zaprezentowano czas trwania podróży wypoczynkowych. W odniesieniu do długości trwania podróży wypoczynkowych ankietowani, najczęściej podróżują od 4-7 dni tj. 44%. 2-3 dniowe wycieczki odbywa 23% ankietowanych. Od 8 do 14 dni podróże swoje odbywa 24% ankietowanych. 6% badanych zaznaczyło opcję „1 dzień”, natomiast 4% określiło swoje podróże „Powyżej 14 dni”.



Rysunek 2. Czas trwania podróży wypoczynkowych

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1 przedstawia preferencje dotyczące długości wyjazdów jakie przejawiają badane pokolenia. Pokolenie Z (iGen) najczęściej wybiera krótkie wyjazdy trwające 2–3 dni (48,57%), rzadziej trwające od 4 do 7 dni (31,43%). Millenialsi (pokolenie Y) preferują 4–7 dniowe wyjazdy (37,5%) oraz te trwające 8–14 dni (33,33%), rzadziej podróżują tylko na 2–3 dni (16,67%). Wśród przedstawicieli pokolenia X dominuje wybór wyjazdów tygodniowych (68,18%), a pozostałe terminy trwania podróży wskazywali znacznie rzadziej. Boomersi również najczęściej podróżują przez 4–7 dni (46,88%), a w drugiej kolejności preferują 8–14 dniowe wyjazdy (34,38%).

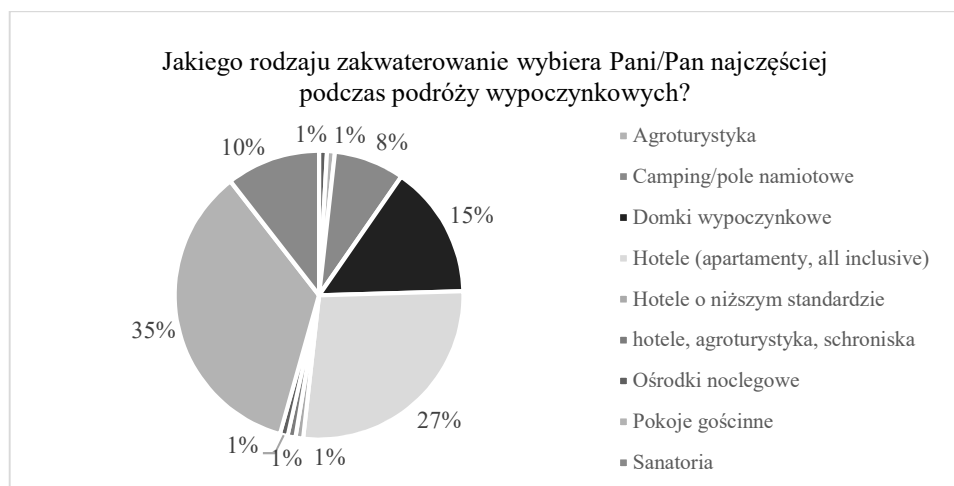
Tabela 1. Długość podróży - udział procentowy wskazań poszczególnych grup pokoleń

Długość podróży/Pokolenie	Z(iGen)	Y (Millenialsi)	X	Boomersi
1 dzień (bez noclegu)	2,86%	4,17%	9,09%	9,38%
2-3 dni	48,57%	16,67%	13,64%	9,38%
4-7 dni	31,43%	37,50%	68,18%	46,88%
8-14 dni	11,43%	33,33%	9,09%	34,38%
Powyżej 14 dni	5,71%	8,33%	0,00%	0,00%
Łącznie	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Źródło: Opracowanie własne.

4.3. Formy zakwaterowania

Rysunek 3 przedstawia formy zakwaterowania wybierane przez ankietowanych. Respondenci najczęściej wskazywali pokoje gościnne (27%). Hotele, w tym apartamenty all inclusive, zaznaczyło 15% osób. W domkach wypoczynkowych nocuje 11% osób, natomiast 8% wybiera sanatoria, a 4% campingi lub pola namiotowe. 4% wybiera inne opcje niż wskazane w ankiecie.



Rysunek 3. Formy zakwaterowania wybierane przez ankietowanych

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2 ukazuje preferencje dotyczące miejsca zakwaterowania w zależności od pokolenia. Największą popularnością we wszystkich grupach wiekowych cieszą się hotele i apartamenty najczęściej wskazywane przez przedstawicieli każdego pokolenia (od 44,44% do 57,14%). Domki wypoczynkowe była drugą najczęściej wybieraną formą zakwaterowania, szczególnie wśród pokolenia X (33,33%) i Millenialsów (31,25%). Campingi czy pola namiotowe względnie wysokim zainteresowaniem cieszyły się wśród pokolenia X (22,22%) i pokolenia Z (21,05%). Agroturystyka pojawiła się jedynie wśród najstarszej grupy (Boomersi – 7,14%) i nie była wskazywana przez przedstawicieli pozostałych pokoleń.

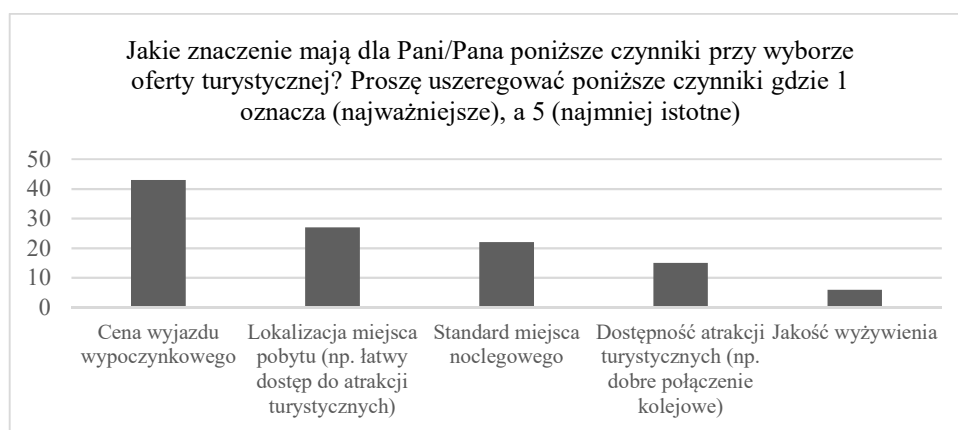
Tabela 2. Miejsce zakwaterowania - udział procentowy wskazań poszczególnych grup pokoleń

Zakwaterowanie/Pokolenie	Z(iGen)	Y (Millenialsi)	X	Boomersi
Agroturystyka	0,00%	0,00%	0,00%	7,14%
Camping/pole namiotowe	21,0%	12,50%	22,22%	7,14%
Domki wypoczynkowe	26,3%	31,25%	33,33%	28,57%
Hotele (apartamenty, all inclusive)	52,%	56,25%	44,44%	57,14%
Łącznie	100%	100%	100%	100%

Źródło: Opracowanie własne.

4.4. Czynniki decydujące o wyborze oferty turystycznej

Na rysunku 4 wyszczególniono czynniki wpływające na wybór przez ankietowanych oferty turystycznej. Za najistotniejsze pytani uznali cenę wyjazdu wypoczynkowego (28%), następnie lokalizację miejsca pobytu (21%), standard miejsca noclegowego (18%), dostępność atrakcji turystycznych (13%) i na końcu (11%) jakość wyżywienia.

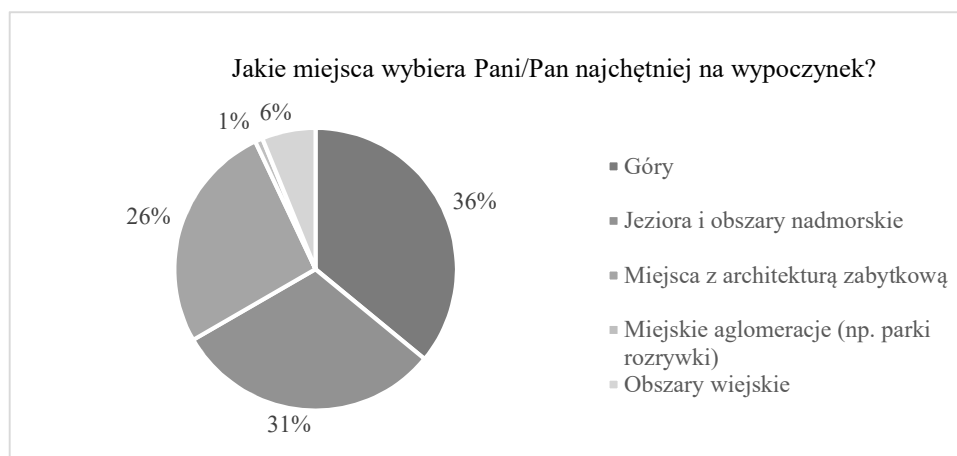


Rysunek 4. Czynniki decydujące o wyborze oferty turystycznej

Źródło: Opracowanie własne.

4.5. Cel wypoczynku

Kolejnym badanym aspektem było miejsce wypoczynku dobrane na podstawie atrakcji, jakie oferuje. Wyniki zostały przedstawione na rysunku 5. Respondenci najchętniej podróżują w góry. Tak wskazało 36% badanych; jeziora i obszary nadmorskie odwiedza 31%; miejsca z architekturą zabytkową wybiera 30%; obszary wiejskie tylko 6%, a miejskie aglomeracje zaledwie 1%.



Rysunek 5. Miejsca najchętniej wybierane na wypoczynek przez ankietowanych
Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 3 pokazano preferencje dotyczące rodzaju miejsca wypoczynku uwzględniając grupy pokoleniowe. Góry są najchętniej wybierane przez Boomerów (65,52%), a także osoby z pokolenia Z i X (odpowiednio 31,25% i 31,82%). Jeziora i tereny nadmorskie cieszą się największą popularnością wśród Millenialsów (47,83%) oraz osób z pokolenia Z (40,63%), natomiast w najstarszej grupie (Boomersi) są znacznie rzadziej wskazywane (13,79%). Miejsca z architekturą zabytkową wybierane są według wskazań przez osoby z pokoleń Z, Y i X odpowiednio od 28% do 36%. Natomiast w przypadku Boomerów odsetek chętnych wyniósł 20,69%.

Tabela 3. Preferowane miejsca podróży - udział procentowy wskazań poszczególnych grup pokoleń

Preferencje miejsca/Pokolenie	Z(iGen)	Y (Millenialsi)	X	Boomersi
Góry	31,25%	21,74%	31,82%	65,52%
Jeziora i obszary nadmorskie	40,63%	47,83%	31,82%	13,79%
Miejsca z architekturą zabytkową	28,13%	30,43%	36,36%	20,69%
Łącznie	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Źródło: Opracowanie własne.

4.6. Formy organizacji wyjazdów

Kolejnym badanym aspektem były formy podróżowania (rysunek 6). Najchętniej respondenci organizują sobie podróże indywidualnie. Tak wskazało 68%

badanych. Natomiast 32% ankietowanych korzysta z usług zorganizowanych przez biura podróży czy też wyjazdy do sanatoriów.



Rysunek 6. Formy podróżowania wybierane przez respondentów

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4 prezentuje preferencje dotyczące formy organizacji wyjazdów w podziale na grupy pokoleniowe. Samodzielnie organizowane podróże dominują wśród prawie wszystkich grup. Taką opcję wskazało 85,71% osób z pokolenia Z, 73,91% z pokolenia X i 66,67% Millenialsów. Natomiast wyjazdy zorganizowane zyskują na popularności wraz z wiekiem preferuje je ponad połowa Boomersów (58,62%), co stanowi największy odsetek wśród wszystkich grup.

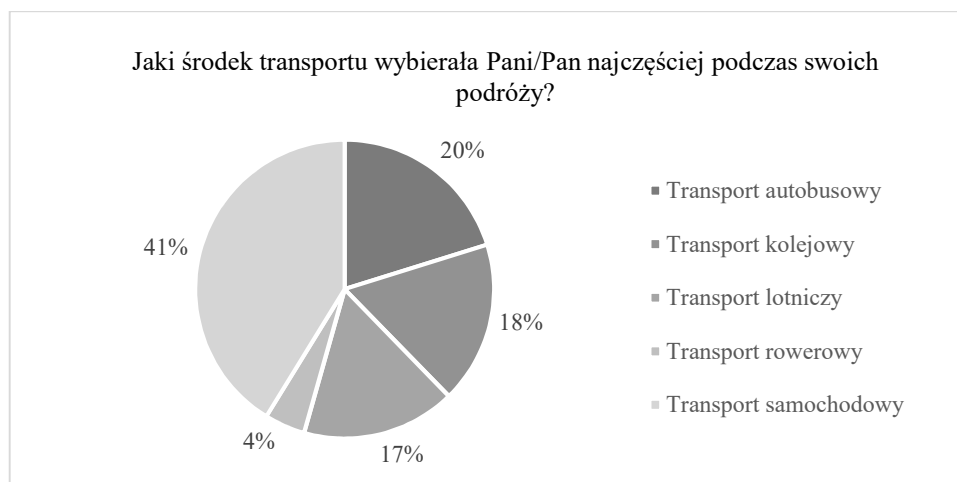
Tabela 4. Preferowana forma podróży - udział procentowy wskazań poszczególnych grup pokoleń

	Z(iGen)	Y (Millenialsi)	X	Boomersi
Samodzielnie organizowane wyjazdy	85,71%	66,67%	73,91%	41,38%
Wyjazdy zorganizowane (np. przez biuro podróży, sanatorium)	14,29%	33,33%	26,09%	58,62%
Łącznie	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Źródło: Opracowanie własne.

4.7. Preferowane rodzaje środków transportu

Rysunek 7 prezentuje rodzaje środków transportu, których wybór umożliwia pytanym dostanie się do miejsca wypoczynku. Najchętniej w celach turystycznych ankietowani korzystają z transportu samochodowego (41%). Nieco mniej, bo 20% wybiera transport autobusowy. Natomiast 18% wskazało na transport kolejowy, a 17% na transport lotniczy. Tylko 4% podróżuje rowerem.



Rysunek 7. Rodzaje środków transportu wykorzystywanych podczas podróżowania

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 5 prezentuje rozkład wskazań respondentów reprezentujących poszczególne grupy pokoleń w aspekcie wyboru preferowanego środka transportu. Pokolenie Z stawia na transport samochodowy (37,14%) i transport kolejowy (31,43%). Milllenialsi podróżując korzystają przede wszystkim z własnego samochodu i transportu lotniczego (po 33,33% wskazań). Własny samochód jako środek pozwalający odbyć podróż jest szczególnie wybierany przez pokolenie Z (68,18%), natomiast Boomersi są zwolennikami podróży odbywanych autobusami (40,62%), a w drugiej kolejności korzystają z samochodu (34,37%).

Tabela 5. Preferowany środek transportu - udział procentowy wskazań poszczególnych grup pokoleń

Rodzaj transportu/Pokolenie	Z(iGen)	Y (Millenialsi)	X	Boomersi
Transport autobusowy	11,43%	8,33%	18,18%	40,63%
Transport kolejowy	31,43%	12,50%	4,55%	12,50%
Transport lotniczy	17,14%	33,33%	9,09%	9,38%
Transport rowerowy	2,86%	12,50%	0,00%	3,13%
Transport samochodowy	37,14%	33,33%	68,18%	34,38%
Łącznie	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowano następujące wnioski:

- Każda grupa badanych pokoleń wykazuje aktywność turystyczną (94%). Podróżują oni na terenie Polski jak i za granicą.
- Krótsze wyjazdy (2-3 dni) wybierają szczególnie młodszy respondenci (18-27 lat), natomiast osoby z pokolenia X i Boomersi decydują się na dłuższy wypoczynek (8-14 dni).
- Pokolenie iGen i Millenialsi najchętniej wybierają jeziora i obszary nadmorskie.
- Millenialsi i pokolenie Y deklaruje zainteresowanie miejscami z architekturą zabytkową oraz spokojnymi terenami wiejskimi, a także terenami górzystymi.
- Pokolenie iGen preferuje bardziej ekonomiczne formy zakwaterowania takie jak campingi lub pokoje gościnne.
- Czynnikiem decydującym o wyborze oferty turystycznej dla pokolenia Z kluczowa jest cena oraz dostępność atrakcji.
- Boomersi większą wagę przykładają do standardu miejsca noclegowego i lokalizacji (łatwy dostęp do obiektów usługowych).
- Osoby z pokolenia Z preferują samodzielnie organizowane wyjazdy, co może być wynikać z chęci oszczędzania i większej elastyczności.
- Boomersi są bardziej otwarci na zorganizowane formy wypoczynku.

- Pokolenie iGen posiada dochód od 1000 – 2500 zł na osobę, co przekłada się na to, iż wybiera krótsze podróże i ekonomiczne miejsca zakwaterowania takie jak campingi czy pokoje gościnne.
- Boomersi, którzy dysponują większym budżetem tj. od 2500 – 5000 zł pozwalają sobie na dłuższe wypoczynki, a także lepsze standardy zakwaterowania.

Literatura

1. Burska L., „Pokolenie” - co to jak i jak?
2. Czerwiński T., Podstawy Turystyki, CEDEWU 2023.
3. Gaworecki W., Turystyka, PWE 1994.
4. Kososki T., Nie każdy Brazylijczyk tańczy sambę, Muza 2016.
5. Kososki T., Nie każdy Brazylijczyk tańczy sambę, Muza 2016.
6. Łobożewicz T., Bieńczych G., Podstawy Turystyki, WSE Warszawa, 2001.
7. Suchecka J., Pokolenie zmiany. Młodzi o sobie i świecie, który nadejdzie, WAB 2023.
8. Twenge J.M., Pokolenia. Prawdziwe różnice między pokoleniami X, Y, Z, baby boomersami i cichym pokoleniem oraz co one oznaczają dla przyszłości zachodniego świata, Smak Słowa 2023.

Źródła internetowe

1. https://rcin.org.pl/Content/52502/WA248_69663_P-I-2524_burska-pokolenie.pdf (dostęp: 21.05.2025).

Krystian Pupiec
Studenckie Koło Naukowe Informatyków „Kod”
dr inż. Bartosz Trybus
opiekun naukowy

ZASTOSOWANIE INFORMATYKI KWANTOWEJ W PRZETWARZANIU DANYCH

Streszczenie

Rozdział przedstawia fundamenty informatyki kwantowej oraz jej zastosowanie w przetwarzaniu danych. Ze względu na wciąż rozwijający się charakter tej dziedziny, pierwsza część rozdziału zawiera omówienie jej teoretycznych i podstawowych aspektów. Kluczowym elementem pracy jest badanie działania praktycznych zastosowań obliczeń kwantowych, które przeprowadzono poprzez implementacje obwodów kwantowych w środowisku Qiskit w języku Python. Analiza objęła kwantowe generatory liczb losowych, test SWAP do porównywania stanów oraz algorytm Grovera przeznaczony do wyszukiwania danych. Pewne aspekty podejścia kwantowego są porównane z podejściem klasycznym. Wyniki symulacji zaimplementowanych obwodów kwantowych potwierdzają ich funkcjonalność w badanych aspektach. Mimo drobnych odchyłeń wynikających z ograniczeń symulacyjnych zaobserwowano skuteczność i efektywność rozwiązań, potwierdzając potencjał informatyki kwantowej na wprowadzenie nowych możliwości w dziedzinie przetwarzania danych.

Słowa kluczowe: informatyka kwantowa, kubit, superpozycja, Qiskit, generator liczb losowych, test SWAP, algorytm Grovera.

1. Wprowadzenie

Informatyka kwantowa to dynamicznie rozwijająca się i obiecująca dziedzina, która narodziła się pod koniec XX wieku. Jej interdyscyplinarny charakter łączy matematykę, fizykę kwantową i klasyczną informatykę, stanowiąc odpowiedź na ograniczenia tradycyjnych komputerów w rozwiązywaniu złożonych problemów. Historycznie, dziedzina ta wywodzi się z połączenia teorii przetwarzania informacji oraz mechaniki kwantowej. Kluczowe odkrycia, takie jak rozwój kryptografii kwantowej oraz obliczeń kwantowych (na przykład koncepcja uniwersalnego

komputera kwantowego czy algorytm faktoryzacji), pokazały, że prawa fizyki kwantowej mogą być wykorzystane do tworzenia bezpiecznych kluczy kryptograficznych i algorytmów obliczeniowych znacząco przewyższających możliwości klasycznych maszyn. W przeciwieństwie do binarnej informacji klasycznej, informatyka kwantowa opiera się na przetwarzaniu stanów kwantowych, takich jak superpozycje i stany splątane, zjawiskach zidentyfikowanych już w latach 30. XX wieku [1].

Obecnie informatyka kwantowa znajduje się w fazie intensywnego rozwoju, a wiodące firmy, takie jak IBM, Google i Microsoft, realizują własne strategie dążące do osiągnięcia przewagi kwantowej i praktycznych zastosowań. Ich plany rozwoju różnią się pod względem architektur kwantowych, koncentrując się na kubitach nadprzewodzących, jonach uwięzionych czy kubitach topologicznych. Istnieje powszechny optymizm co do transformacyjnego wpływu tej technologii na optymalizację, sztuczną inteligencję i symulacje naukowe. Niemniej jednak, branża mierzy się z istotnymi wyzwaniami, takimi jak zapewnienie stabilności kubitów, korekcja błędów, skalowalność systemów oraz ich bezproblemowa integracja z klasycznymi systemami obliczeniowymi. Rynek informatyki kwantowej dynamicznie ewoluuje, a przedstawione strategie pokazują zarówno postępy, jak i przeszkody, które nadal czekają na pokonanie [2].

Informatyka kwantowa, wykorzystując zasady mechaniki kwantowej, oferuje wykładnicze przyspieszenie obliczeń, co pozwala na znacznie szybsze rozwiązywanie problemów w sztucznej inteligencji, kryptografii oraz symulacjach naukowych. Rewolucjonizuje ona również AI i uczenie maszynowe poprzez efektywne przetwarzanie dużych zbiorów danych i rozwiązywanie problemów optymalizacyjnych, co ma zastosowanie w pojazdach autonomicznych czy diagnostyce medycznej. Dodatkowo, kryptografia kwantowa zapewnia niezłomne bezpieczeństwo, a symulacje kwantowe przyspieszają odkrywanie leków i postępy w materiałoznawstwie [3].

Celem rozdziału jest zbadanie działania elementów informatyki kwantowej w przetwarzaniu danych. Ze względu na wciąż rozwijający się charakter tej dziedziny, pierwsza część rozdziału zawiera omówienie jej teoretycznych i podstawo-

wych aspektów. Badanie jest przeprowadzone poprzez implementację obwodów kwantowych z wykorzystaniem biblioteki Qiskit w języku Python dla takich operacji jak generowanie liczb losowych, porównywanie stanów czy wyszukiwanie rozwiązań.

2. Informatyka kwantowa – aspekty teoretyczne

2.1. Podstawy matematyczne informatyki kwantowej

W informatyce kwantowej, ze względu na jej głęboko interdyscyplinarny charakter, niezbędne jest posługiwanie się zaawansowanym aparatem matematycznym, który wykracza poza podstawy arytmetyki i logiki binarnej. Podstawowe pojęcia, takie jak kubit (kwantowy bit) i rejestr kwantowy, są ściśle zakorzenione w fundamentalnych koncepcjach algebry liniowej, w tym wektorach, macierzach oraz liczbach zespolonych. Kubit jest podstawową jednostką informacji kwantowej, analogiczną do bitu w informatyce klasycznej, ale o znacznie bogatszych możliwościach. O ile bit może przechowywać tylko jedną z dwóch wartości (0 lub 1) w danym momencie, o tyle kubit może znajdować się w tak zwanej superpozycji tych stanów. Matematycznie, kubit jest reprezentowany jako wektor stanu w dwuwymiarowej zespolonej przestrzeni Hilberta. Oznacza to, że jego stan może być opisany jako liniowa kombinacja dwóch ortogonalnych stanów bazowych, zazwyczaj oznaczanych jako $|0\rangle$ i $|1\rangle$. Stan kubitu jest dany wzorem $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, gdzie α i β są zespolonymi amplitudami prawdopodobieństwa. Ich kwadraty modułów, $|\alpha|^2$ i $|\beta|^2$, reprezentują prawdopodobieństwa zmierzenia kubitu odpowiednio w stanie $|0\rangle$ lub $|1\rangle$, a ich suma musi wynosić 1 ($|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$), odzwierciedlając całkowite prawdopodobieństwo. Na przykład, kubit w stanie superpozycji $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ ma 50% szans na bycie zmierzonym jako $|0\rangle$ i 50% szans na bycie zmierzonym jako $|1\rangle$. Zbiór kubitów nazywany jest rejestrem kwantowym. Dzięki właściwości superpozycji, rejestr składający się z N kubitów może jednocześnie reprezentować 2^N stanów. W przeciwieństwie do klasycznego rejestru, który przechowuje tylko jeden z 2^N możliwych stanów w danym momencie (np. dla 2 bitów: 00, 01, 10 lub 11), rejestr kwantowy może znajdować się w superpozycji wszystkich

tych stanów jednocześnie. Matematycznie stan rejestru kwantowego jest opisywany za pomocą iloczynu tensorowego stanów poszczególnych kubitów. Na przykład, stan dwóch kubitów $|\psi_1\rangle$ i $|\psi_2\rangle$ jest reprezentowany jako $|\psi_1\rangle \otimes |\psi_2\rangle$, co rozszerza przestrzeń stanów i umożliwia równoległe przetwarzanie informacji. Wizualnie rejestr kwantowy można sobie wyobrazić jako sekwencję połączonych kubitów, z których każdy może być w superpozycji stanów, a ich wspólny stan jest kombinacją wszystkich możliwych konfiguracji. Rejestr kwantowy składający się z dwóch kubitów jest więc opisany przez stan $|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$, gdzie α_{ij} to zespolone amplitudy prawdopodobieństwa, a $|ij\rangle$ reprezentuje stany bazowe. Operacje na kubitach, znane jako bramki kwantowe, są reprezentowane przez macierze unitarne. Macierz unitarna U to taka macierz, dla której $U^\dagger U = UU^\dagger = I$, gdzie $U^\dagger$ jest sprzężeniem hermitowskim macierzy U , a I jest macierzą jednostkową. Właściwość unitarności jest kluczowa, ponieważ gwarantuje, że suma kwadratów amplitud prawdopodobieństwa zawsze pozostaje równa 1, co oznacza, że ewolucja kwantowa jest odwracalna i zachowuje całkowite prawdopodobieństwo [4].

W informatyce kwantowej, oprócz bramki Hadamarda (oznaczanej H), która jest macierzą:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

i jest często używana do tworzenia superpozycji (jej działanie na stan $|0\rangle$ tworzy superpozycję $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$), a na stan $|1\rangle$ tworzy $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$), istnieją inne przykładowe fundamentalne bramki kwantowe:

Bramka Pauli-X - jest to kwantowy odpowiednik klasycznej bramki NOT. Odwraca ona stan kubit, transformując $|0\rangle$ w $|1\rangle$ i $|1\rangle$ w $|0\rangle$. Jej macierz to:

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Bramka Pauli-Z - zmienia fazę stanu $|1\rangle$ na ujemną, pozostawiając stan $|0\rangle$ bez zmian. Jest to istotne dla algorytmów opartych na fazie. Jej macierz to:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Bramka CNOT (Controlled-NOT) - jest to bramka dwukubitowa, kluczowa dla tworzenia splątania. Posiada kubit kontrolny i kubit docelowy. Odwraca stan kubit docelowego tylko wtedy, gdy kubit kontrolny jest w stanie $|1\rangle$. W przeciwnym razie kubit docelowy pozostaje niezmieniony. Jej macierz dla kubit kontrolnego jako pierwszego kubit to:

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Te bramki, wraz z innymi, tworzą uniwersalny zestaw bramek kwantowych, co oznacza, że dowolną operację kwantową można zrealizować poprzez odpowiednią sekwencję tych podstawowych bramek [4].

2.2. Splątanie i interferencja kwantowa

Splątanie kwantowe to kluczowe zjawisko w systemach wielokubitowych i programowaniu procesorów kwantowych, opisujące unikalną relację między kubitami, gdzie ich wspólny stan nie jest sumą indywidualnych opisów. Do jego utworzenia konieczne są operacje wielokubitowe, czego przykładem jest para Bella, będąca silnie splątanym stanem dwóch kubitów, tworzonym poprzez aplikację operacji Hadamarda na jednym kubicie i następnie operacji CNOT na obydwu, rozpoczynając od kubitów w stanie $|0\rangle$. Splątane kubity wykazują idealną, natychmiastową korelację na odległość – pomiar jednego od razu ujawnia stan drugiego, co nie ma klasycznego odpowiednika. To zjawisko, potwierdzone doświadczalnie, jest fundamentalne dla teleportacji kwantowej, która umożliwia przesyłanie stanów kwantowych bez fizycznego przemieszczania kubitów, będąc kluczowym elementem dystrybucji informacji w sieciach kwantowych. Proces ten polega na połączeniu przesyłanego stanu z jednym kubitą pary splątanej, przesłaniu drugiego kubit do odbiorcy, a następnie, po pomiarach, odtworzeniu pierwotnego stanu [5].

Interferencja kwantowa to fundamentalne zjawisko wynikające z falowej natury cząstek kwantowych. Zachodzi, gdy zespolone amplitudy prawdopodobieństwa cząstki w superpozycji lub poruszającej się wieloma ścieżkami jednocześnie, wzmacniają się lub znoszą, tworząc ostateczny wzór prawdopodobieństwa. W informatyce kwantowej interferencja jest kluczowa dla przewagi komputerów kwantowych, ponieważ pozwala ona algorytmom, takim jak algorytm Grovera czy Shora, wzmacniać prawdopodobieństwo poprawnych rozwiązań i redukować niepoprawne [6].

3. Przykłady zastosowania podejścia kwantowego

3.1. Klasyczna i kwantowa losowość

Liczby losowe są kluczowe w algorytmach i programowaniu dla generowania danych, podejmowania decyzji, symulacji i bezpieczeństwa. Generatory liczb pseudolosowych to deterministyczne algorytmy imitujące losowość, szeroko stosowane w symulacjach komputerowych, modelowaniu statystycznym i kryptografii (gdzie wymagają wysokiej nieprzewidywalności). Przykładem generatora liczb pseudolosowych jest Liniowy Generator Kongruencyjny (LCG), który generuje sekwencje liczb całkowitych za pomocą rekurencyjnej zależności

$$X_{n+1} = (aX_n + c) \bmod m,$$

gdzie X_n to poprzednia wartość w sekwencji, a oznacza mnożnik, c inkrement. X_0 stanowi tak zwane ziarno, czyli wartość początkową. LCG jest prosty i wydajny, ale jego ograniczenia to potencjalnie krótki okres dla niektórych konfiguracji parametrów i możliwość występowania korelacji pomiędzy kolejnymi elementami generowanej sekwencji, dlatego kluczowy jest staranny dobór parametrów [7].

Kwantowe generatory liczb losowych (QRNG) to urządzenia sprzętowe produkujące sekwencje o najwyższym stopniu losowości, wykorzystujące fundamentalną losowość procesów kwantowych, w przeciwieństwie do deterministycznych klasycznych generatorów liczb pseudolosowych. Ta inherentna losowość czyni systemy kwantowe doskonałym źródłem entropii, mierzonej m.in. entropią Shannona i min-Entropią (kluczową dla bezpieczeństwa). Kwantowe generatory liczb

losowych składają się z kwantowego źródła entropii (np. rozpad promieniotwórczy, fotony na dzielniku wiązki), systemu pomiarowego i przetwarzania końcowego, które redukuje zniekształcenia. Wiele implementacji QRNG wykorzystuje dwupoziomowe systemy kwantowe (np. stany $|0\rangle$ i $|1\rangle$), przygotowywane w superpozycji. Pomiar takiego stanu powoduje kolaps do klasycznego bitu '0' lub '1', dostarczając prawdziwej losowości z praw natury. QRNG stanowią istotny postęp w generowaniu losowości, oferując nowy standard bezpieczeństwa i niezawodności w najbardziej wymagających dziedzinach [8].

Aby zbadać losowość kwantowego generatora, został on zaimplementowany w języku Python przy użyciu biblioteki Qiskit, która została stworzona przez IBM. Umożliwia ona tworzenie, symulowanie i uruchamianie programów na komputerach kwantowych oraz służy do budowania obwodów kwantowych, manipulowania operatorami kwantowymi oraz interakcji z rzeczywistym sprzętem kwantowym lub symulatorami [9]. Kod implementujący obwód kwantowy dla czterech kubitów, spełniający rolę generatora liczb losowych został przedstawiony poniżej.

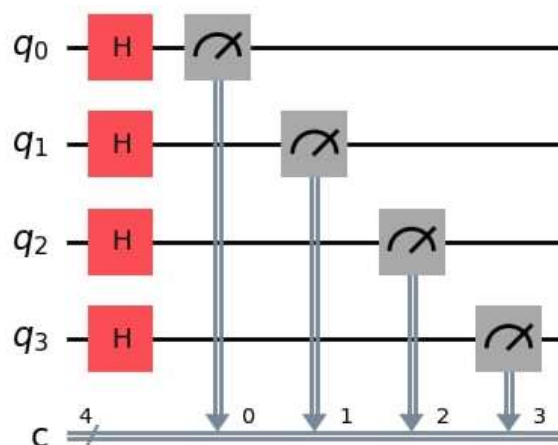
```
# Import biblioteki Qiskit i jej elementów
from qiskit import QuantumRegister, ClassicalRegister,
QuantumCircuit

# Utworzenie obwodu kwantowego
qreg_q = QuantumRegister(4, 'q')
creg_c = ClassicalRegister(4, 'c')
circuit = QuantumCircuit(qreg_q, creg_c)

# Implementacja bramek kwantowych i pomiarów
circuit.h(qreg_q[0])
circuit.h(qreg_q[1])
circuit.h(qreg_q[2])
circuit.h(qreg_q[3])
circuit.measure(qreg_q[0], creg_c[0])
circuit.measure(qreg_q[1], creg_c[1])
circuit.measure(qreg_q[2], creg_c[2])
circuit.measure(qreg_q[3], creg_c[3])
circuit.draw('mpl')
```

Listing 1. Kod w języku Python implementujący obwód kwantowy dla generatora liczb losowych

Powyższy kod w Pythonie, wykorzystujący bibliotekę Qiskit, tworzy obwód kwantowy dla prostego generatora liczb losowych. Importowane elementy, takie jak `QuantumRegister`, `ClassicalRegister` i `QuantumCircuit`, służą kolejno do definiowania zbioru kubitów, przechowywania wyników pomiarów na klasycznych bitach oraz budowania kompletnego obwodu kwantowego w bibliotece Qiskit. Kolejna część kodu inicjalizuje komponenty potrzebne do zbudowania obwodu kwantowego: tworzy rejestr czterech kubitów, rejestr czterech bitów klasycznych, a następnie łączy je w pusty obwód kwantowy. Kolejny fragment kodu implementuje bramki kwantowe i pomiary na obwodzie. Zastosowane są bramki Hadamarda do każdego z czterech kubitów, wprowadzając je w stan superpozycji. Następnie wykonany jest pomiar każdego kubitów oraz wynik zapisany jest w odpowiadających im bitach klasycznych. Cały obwód jest na koniec wizualizowany. Rysunek 1. przedstawia wyżej zaimplementowany obwód kwantowy.



Rysunek 1. Schemat obwodu kwantowego dla generatora liczb losowych

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony schemat obwodu kwantowego ilustruje działanie podstawowego kwantowego generatora liczb losowych, zbudowanego przy użyciu czterech kubitów i wykorzystującego fundamentalne zasady mechaniki kwantowej. Proces rozpoczyna się od zainicjowania każdego z czterech kubitów w standardowym stanie początkowym, którym w obliczeniach kwantowych zazwyczaj jest stan $|0\rangle$.

Następnie do każdego z tych kubitów, jeden po drugim, zastosowana zostaje bramka Hadamarda, symbolizowana na schemacie literą „H”. Ta kluczowa operacja kwantowa wprowadza każdy kubit w stan superpozycji, co oznacza, że kubit przestaje znajdować się w definitywnym stanie $|0\rangle$ lub $|1\rangle$, a zamiast tego przyjmuje stan będący liniową kombinacją obu, z równymi amplitudami. W przypadku kubitów startujących ze stanu $|0\rangle$, po zastosowaniu bramki Hadamarda przechodzi on do stanu $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$, w którym szansa na zmierzenie go jako 0 lub jako 1 jest identyczna i wynosi 50%. Aby "wydobyć" z kubitów w stanie superpozycji klasyczną informację i uzyskać faktyczną liczbę losową, każdy kubit jest następnie poddawany pomiarowi, co jest reprezentowane przez ikonę przypominającą miernik. Pomiar jest procesem, który z natury jest probabilistyczny w mechanice kwantowej, powoduje on, że stan superpozycji kubitów natychmiast zapada się do jednego ze stanów bazowych, $|0\rangle$ lub $|1\rangle$, a wynik tego kolapsu jest wynikiem pomiaru, rejestrowanym jako bit klasyczny. Dzięki temu, że kubit był wcześniej w stanie superpozycji z równymi prawdopodobieństwami obu wyników, rezultat pomiaru jest prawdziwie losowy. W tym konkretnym obwodzie wyniki pomiarów poszczególnych kubitów są przyporządkowane do kolejnych bitów w klasycznym rejestrze, co umożliwia uzyskanie sekwencji czterech losowych bitów (zero lub jeden), które razem tworzą 4-bitową liczbę losową, której wartość jest nieprzewidywalna z uwagi na kwantową naturę procesu.

Aby przeprowadzić symulację zaimplementowanego obwodu, w pierwszym kroku zaimportowano biblioteki przedstawione poniżej.

```
import matplotlib.pyplot as plt
from qiskit import transpile
from qiskit_aer import AerSimulator
```

Listing 2. Biblioteki potrzebne do symulacji obwodu kwantowego w Qiskit

W powyższym fragmencie kodu „matplotlib.pyplot as plt” jest używane do tworzenia wykresów i graficznej prezentacji danych, „transpile” z Qiskit służy do optymalizacji obwodów kwantowych pod kątem wybranego symulatora lub

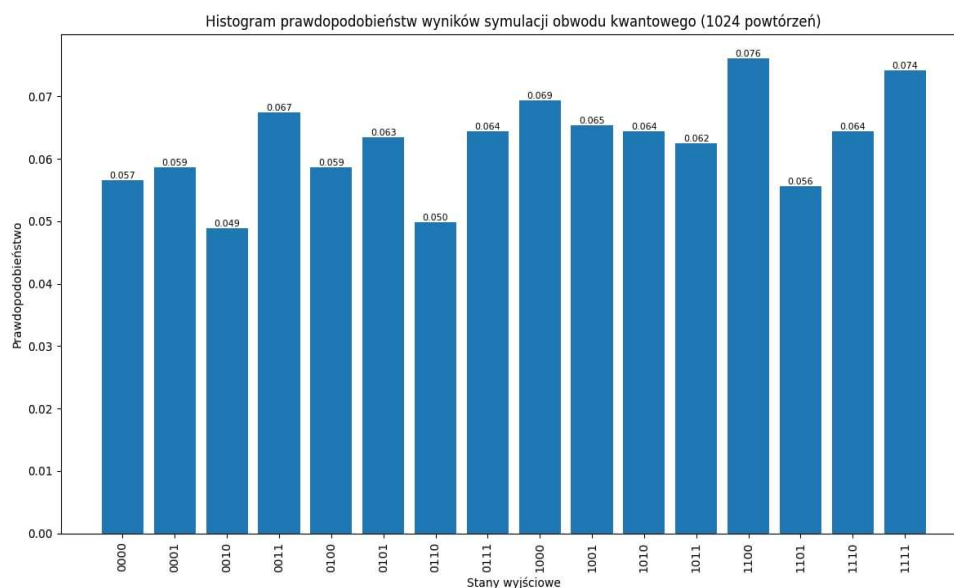
sprzętu, a „AerSimulator” z Qiskit Aer to symulator pozwalający na efektywne uruchamianie obwodów kwantowych.

```
# Symulacja obwodu
# Utworzenie symulatora Aer (domyślny symulator do obwo-
# dów kwantowych)
simulator = AerSimulator()
# Transpilacja obwodu
compiled_circuit = transpile(circuit, simulator)
# Uruchomienie symulacji obwodu 1024 razy
job = simulator.run(compiled_circuit, shots=1024)
# Pobranie wyników z symulacji
result = job.result()
# Pobranie zliczenia wyników (ile razy dany stan został
# zaobserwowany)
counts = result.get_counts(compiled_circuit)
```

Listing 3. Symulacja obwodu kwantowego

Fragment kodu przedstawiony na listingu 3. jest odpowiedzialny za symulację obwodu kwantowego i analizę jego wyników. Najpierw tworzona jest instancja `AerSimulator`, która będzie wykonywać obliczenia kwantowe. Następnie, obwód jest transpilowany w celu optymalizacji pod kątem wybranego symulatora. Transpilacja to proces transformacji i optymalizacji obwodu kwantowego, tak aby mógł być efektywnie uruchomiony na konkretnym sprzęcie lub symulatorze, często poprzez mapowanie kubitów i dopasowywanie bramek. Po tym przygotowaniu, symulator wykonuje obwód 1024 razy, aby zebrać statystyki. Na koniec, pobierane są zliczenia wyników, co pozwala zobaczyć, ile razy każdy możliwy stan został zaobserwowany po wielokrotnych uruchomieniach.

Rysunek 2. przedstawia wykres ilustrujący rozkład prawdopodobieństwa dla wyników symulacji powyższego obwodu kwantowego.



Rysunek 2. Rozkład prawdopodobieństwa dla wyników symulacji obwodu kwantowego

Źródło: opracowanie własne.

Na przedstawionym wykresie słupkowym widoczny jest rozkład prawdopodobieństwa dla wszystkich szesnastu możliwych wyników (od 0000 do 1111) po 1024 uruchomieniach symulacji wyżej omówionego kwantowego generatora liczb losowych opartego na czterech kubitach. Idealnie, w przypadku perfekcyjnego kwantowego generatora liczb losowych opartego na superpozycji z równymi amplitudami i pomiarze, każdy z szesnastu możliwych wyników powinien występować z takim samym prawdopodobieństwem, wynoszącym $\frac{1}{16}$, czyli 6.25%. Obserwowane na wykresie prawdopodobieństwa wynoszą od najmniejszego 4,9% do największego 7.6%, co pokazuje, że rozkład wyników nie jest idealnie jednorodny. Wnioski z tego rozkładu są takie, że generator liczb losowych działa w sposób zbliżony do oczekiwanego, generując wyniki ze zbliżonym prawdopodobieństwem dla każdej możliwej kombinacji bitów. Jednakże, różnice między najniższym a najwyższym zaobserwowanym prawdopodobieństwem, a także odchylenia od idealnej wartości 6.25%, świadczą o tym, że uzyskane wyniki nie są doskonałe

równomierne. Te odchylenia mogą wynikać z ograniczonej liczby powtórzeń symulacji użytych do oszacowania prawdopodobieństw, co jest typowe dla próbkowania statystycznego, lub mogą być efektem szumu i niedoskonałości obecnych w realistycznych symulatorach bądź rzeczywistych procesorach kwantowych. Mimo tych niewielkich wariacji, rozkład jest na tyle płaski, że potwierdza podstawową funkcjonalność obwodu jako generatora liczb losowych opartych na kwantowej losowości pomiaru. Dodatkowo można zauważyć, że cztery kubity pozwoliły przetwarzać jednocześnie szesnaście liczb czterobitowych, co jest dużą przewagą nad klasycznym podejściem.

3.2. Porównywanie stanów

W obliczu wyzwań związanych z analizą informacji kwantowej, ważnym elementem staje się zagadnienie porównywania stanów kwantowych. Chodzi o ustalenie, czy dwa nieznane stany kubitów lub ich złożonych układów są identyczne. Bezpośredni pomiar często niszczy stan, uniemożliwiając jego dalsze wykorzystanie. W odpowiedzi na te ograniczenia, kluczową rolę odgrywa test SWAP. Test SWAP to procedura kwantowa, która umożliwia określenie równoważności dwóch stanów, minimalizując przy tym ich niechciane zakłócenia. Jest to szczególnie cenne, ponieważ pozwala na ocenę podobieństwa bez konieczności przeprowadzania pełnej analizy stanu kwantowego, która staje się niepraktyczna dla systemów o większej liczbie kubitów. Wykorzystując zasady superpozycji i splątania, test SWAP dostarcza probabilistycznej odpowiedzi na pytanie o identyczność stanów, co czyni go nieocenionym narzędziem w dziedzinie obliczeń i komunikacji kwantowej [10].

W celu zbadania działania testu SWAP, opracowano jego implementację w Qiskit. Jej celem było porównanie dwóch 3-bitowych liczb binarnych, reprezentowanych jako stany kwantowe, poprzez wykorzystanie superpozycji i bramek CSWAP. Symulacje pozwoliły na ocenę prawdopodobieństwa, z jakim kubit kontrolny testu po pomiarze przyjmie stan $|0\rangle$, co bezpośrednio wskazuje na stopień podobieństwa (identyczności) tych liczb. Porównane zostały ze sobą wszystkie

liczby 3 bitowe. Aby zaimplementować to rozwiązanie w Qiskit, zostały zaimportowane odpowiednie biblioteki, wykorzystywane już w generatorze liczb losowych. Następnie stworzono funkcję, która przyjmuje argumenty w postaci liczb całkowitych. Są one konwertowane na liczby binarne oraz na ich podstawie wprowadzane są stany do zaimplementowanego obwodu. Fragment tej funkcji został przedstawiony poniżej.

```
# Konwersja liczb na 3-bitowe stringi binarne
binary_num1 = format(num1_decimal, '03b')
binary_num2 = format(num2_decimal, '03b')

# 7 kubitów: q0-q2 (dla Liczby 1), q3-q5 (dla Liczby 2),
q6 (kontrola), 1 bit klasyczny (c0)
qc = QuantumCircuit(7, 1)

#Inicjalizacja kubitów dla Liczby 1 (q0, q1, q2)
if binary_num1[0] == '1': qc.x(0)
if binary_num1[1] == '1': qc.x(1)
if binary_num1[2] == '1': qc.x(2)

# Inicjalizacja kubitów dla Liczby 2 (q3, q4, q5)
if binary_num2[0] == '1': qc.x(3)
if binary_num2[1] == '1': qc.x(4)
if binary_num2[2] == '1': qc.x(5)

#Inicjalizacja kubit kontrolnego (q6) na stan superpozycji |+>
qc.h(6)

# Aplikacja bramek CSWAP
# q6 kontroluje wymianę q0 <-> q3 (pierwsze bity)
qc.cswap(6, 0, 3)
# q6 kontroluje wymianę q1 <-> q4 (drugie bity)
qc.cswap(6, 1, 4)
# q6 kontroluje wymianę q2 <-> q5 (trzecie bity)
qc.cswap(6, 2, 5)

# Przekształcenie informacji o fazie na mierzalny wynik
qc.h(6)
```

```

# Pomiar Kubitów Kontrolnego
# Wynik na c0: '0' jeśli liczby są identyczne, '1' jeśli
# są różne
qc.measure(6, 0)

# Rysowanie obwodu graficznie
qc.draw(output='mpl', style='iqp', plot_barriers=True)
plt.title(f"Kwantowy Test SWAP (Liczba 1: {binary_num1}
({num1_decimal}), Liczba 2: {binary_num2} ({num2_decimal}))")
plt.show()

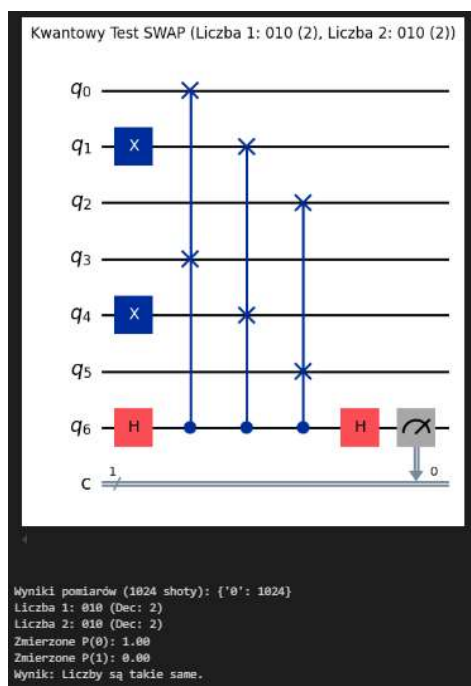
```

Listing 4. Kod implementujący schemat obwodu kwantowego dla test SWAP

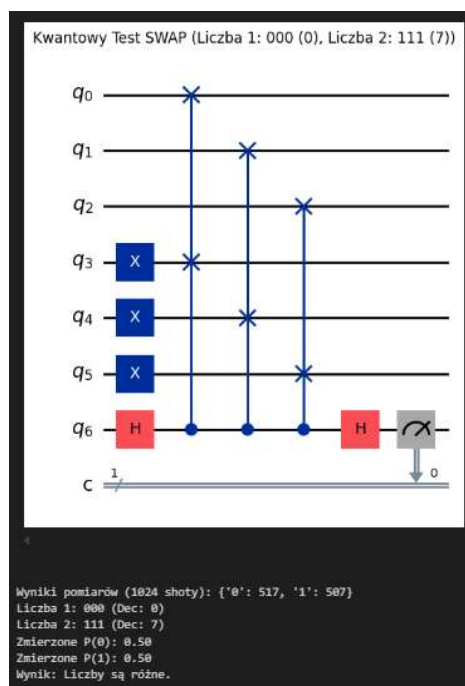
Pierwszy etap powyższego kodu sprawia, że dwie liczby dziesiętne są konwertowane na 3-bitowe stringi binarne. Następnie tworzony jest obwód kwantowy z 7 kubitami i 1 bitem klasycznym: sześć kubitów (q0-q5) służy do zakodowania tych dwóch liczb binarnych, a siódmy kubit (q6) jest kubitami kontrolnym. Inicjalizacja kubitów polega na ustawieniu stanów kubitów dla każdej liczby. Kubit kontrolny jest wprowadzany w stan superpozycji za pomocą bramki Hadamarda. Kluczowym elementem są bramki CSWAP, które są aplikowane trzykrotnie, każdorazowo na odpowiadające sobie bity obu liczb, pod kontrolą kubit q6. Po bramkach CSWAP, na kubit kontrolny ponownie aplikowana jest bramka Hadamarda, przekształcając w ten sposób informację o fazie w mierzalny wynik. Na koniec, kubit kontrolny jest mierzony, a jego wynik wskazuje, czy liczby były identyczne (0) czy różne (1). Cały proces jest wizualizowany za pomocą graficznego przedstawienia obwodu.

Kolejnym krokiem jest symulacja zaimplementowanego obwodu tak jak w poprzednim przypadku. Symulacja została przeprowadzona 1024 razy.

Po przeprowadzeniu symulacji obwodu mierzone są prawdopodobieństwa poprzez przedstawienie konkretnych licznosci 0 lub 1 w stosunku do wszystkich pomiarów. Odpowiednie duże prawdopodobieństwo może oznaczać identyczność liczb. Przykładowe obwody wraz z wynikami dla dwóch porównań przedstawione są na rysunku 3. oraz rysunku 4.



Rysunek 3. Schemat obwodu kwantowego wraz z wynikami porównania liczb 2 i 2
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 4. Schemat obwodu kwantowego wraz z wynikami porównania liczb 0 i 7
 Źródło: opracowanie własne.

Powyższe wyniki wskazują na poprawne działanie zaimplementowanego rozwiązania, odpowiednio wskazującego identyczność lub jej brak u porównywanych liczb.

Podsumowując, przeprowadzona implementacja testu SWAP w Qiskit miała na celu porównanie wszystkich par 3-bitowych liczb binarnych, reprezentowanych jako stany kwantowe. Kluczowym elementem było wykorzystanie bramek CSWAP i superpozycji, a stopień podobieństwa liczb był wnioskowany na podstawie prawdopodobieństwa zmierzenia kubitu kontrolnego w stanie $|0\rangle$. Symulacje, wykonane z 1024 pomiarami, pozwoliły na ocenę tych prawdopodobieństw. Wysokie prawdopodobieństwo stanu $|0\rangle$ dla kubitu kontrolnego wskazywało na identyczność porównywanych liczb.

3.3. Algorytm Grovera

W obliczu rosnącej złożoności problemów obliczeniowych, algorytmy kwantowe oferują znaczące przyspieszenia w stosunku do swoich klasycznych odpowiedników. Jednym z fundamentalnych przykładów jest algorytm Grovera, opracowany przez Lova Grovera w 1996 roku. Jest to algorytm wyszukiwania, który kwadratowo przyspiesza proces znajdowania pojedynczego, nieznanego elementu w nieuporządkowanej bazie danych. Oznacza to, że zamiast klasycznej złożoności $O(N)$ (gdzie N to liczba elementów), algorytm Grovera potrzebuje zaledwie $O(\sqrt{N})$ operacji, co przekłada się na znaczącą przewagę dla dużych zbiorów danych. Istota działania algorytmu Grovera opiera się na kluczowych zasadach mechaniki kwantowej: superpozycji, interferencji i kolapsie stanu po pomiarze [11].

Algorytm Grovera składa się z trzech głównych etapów [12]:

Pierwszym etapem jest przygotowanie superpozycji. Na początku wszystkie możliwe stany (kubity) są wprowadzane w superpozycję, co sprawia, że system kwantowy „przegląda” wszystkie ścieżki jednocześnie. Proces przygotowania superpozycji wszystkich kubitów jest formalizowany poprzez zastosowanie operatora Hadamarda do każdego z n kubitów, które początkowo znajdują się w stanie $|0\rangle$. Wzór na stan superpozycji wszystkich możliwych $N = 2^n$ stanów bazowych jest wyrażony jako

$$|\phi\rangle = H^{\otimes n}|0\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} |x\rangle$$

gdzie $H^{\otimes n}$ reprezentuje iloczyn tensorowy n bramek Hadamarda, a $|x\rangle$ odnosi się do każdego z N możliwych stanów bazowych.

Drugim etapem jest oznaczanie rozwiązania. Operator oznaczający rozwiązanie, nazywany wyrocznią (Oracle), ma za zadanie odwrócić fazę tylko dla stanu $|s\rangle$ będącego poszukiwanym rozwiązaniem. Działanie to jest matematycznie opisywane przez operator

$$\widehat{U}_s = \hat{I} - 2|s\rangle\langle s|$$

gdzie $\hat{I}$ jest operatorem jednostkowym, a $|s\rangle\langle s|$ jest rzutnikiem na stan $|s\rangle$, efektywnie zmieniającym jego fazę z $+$ na $-$ lub odwrotnie.

Trzecim etapem jest wzmacnianie amplitudy (Grover Diffusion Operator). Jest to najważniejszy krok, który polega na wzmacnianiu amplitudy prawdopodobieństwa dla stanu będącego rozwiązaniem, jednocześnie osłabiając amplitudy pozostałych stanów. Dzięki interferencji kwantowej, „dobre” ścieżki stają się coraz bardziej „prawdopodobne”, a „złe” mniej. Działanie to jest osiągnięte przez inwersję wokół średniej amplitudy wszystkich stanów, a jego wzór jest przedstawiony jako

$$\widehat{U}_d = 2|\phi\rangle\langle\phi| - \hat{I}$$

gdzie $|\phi\rangle\langle\phi|$ to rzutnik na początkowy stan superpozycji, a $\hat{I}$ ponownie oznacza operator jednostkowy.

Kombinacja operatora wyroczeni i operatora dyfuzji tworzy jeden krok Grovera, $\hat{G} = \widehat{U}_d\widehat{U}_s$, który jest iteracyjnie powtarzany, aby osiągnąć maksymalne wzmocnienie amplitudy dla stanu rozwiązania. Optymalna liczba takich iteracji wynosi w przybliżeniu $\frac{\pi}{4}\sqrt{N}$. Po wykonaniu odpowiedniej liczby iteracji, pomiar kubitów z bardzo wysokim prawdopodobieństwem ujawnia poszukiwane rozwiązanie [12].

Mimo że algorytm Grovera jest przeznaczony do wyszukiwania w nieuporządkowanych bazach danych, jego zastosowania są znacznie szersze, obejmując m.in. rozwiązywanie problemów optymalizacyjnych czy przyspieszanie niektórych zadań kryptograficznych [11].

Aby zademonstrować praktyczne zastosowanie algorytmu Grovera, posłużono się nim do efektywnego odnalezienia konkretnego stanu w nieuporządkowanej przestrzeni ośmiu możliwych wyników. Celem było zidentyfikowanie stanu odpowiadającego wektorowi $(1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)^T$, co w przypadku użycia trzech kubitów ($N = 2^3 = 8$) jest równoznaczne ze znalezieniem stanu $|000\rangle$. Implementacja algorytmu pozwoliła na kwantowe wyszukiwanie tego unikalnego elementu. Na wejściu więc dana była liczba kubitów ($n = 3$) oraz całkowita liczba możliwych stanów ($N = 2^n = 2^3 = 8$). Celem było znalezienie stanu $|s\rangle = |000\rangle$. Przedstawione

kroki zostały zaimplementowane w programie w języku Python wykorzystującym bibliotekę Qiskit. Import bibliotek wyglądał identycznie jak w poprzednich przypadkach, natomiast kod poniżej przedstawia funkcje odpowiedzialne za wprowadzenie kubitów w superpozycję oraz utworzenie operatora oznaczającego rozwiązanie.

```
def initialize_superposition(circuit, num_qubits):
    #Krok 1: Przygotowanie superpozycji
    for i in range(num_qubits):
        circuit.h(i)
    return circuit

def build_oracle(num_qubits, marked_state, iteration_num=None):
    # Krok 2: Wyrocznia - Tworzy operator, który odwraca
    # fazę dla oznaczonego stanu.
    name_str = 'Oracle'
    if iteration_num is not None:
        name_str += f'_{iteration_num}'
    oracle = QuantumCircuit(num_qubits, name=name_str)

    for i, bit in enumerate(marked_state):
        if bit == '0':
            oracle.x(i)

    control_qubits = [i for i in range(num_qubits - 1)]
    target_qubit = num_qubits - 1

    oracle.h(target_qubit)
    oracle.mcx(control_qubits, target_qubit)
    oracle.h(target_qubit)

    for i, bit in enumerate(marked_state):
        if bit == '0':
            oracle.x(i)

    return oracle
```

Listing 5. Funkcje dla wprowadzania kubitów w superpozycję oraz tworzenie wyroczni

Funkcja "initialize_superposition" przygotowuje wszystkie kubity poprzez zastosowanie bramek Hadamarda, co wprowadza je w stan superpozycji wszystkich możliwych konfiguracji. Następnie, funkcja "build_oracle" tworzy operator,

który ma za zadanie odwrócić fazę ściśle określonego, poszukiwanego stanu, wykorzystując do tego kombinację bramek Pauli-X, Hadamarda oraz bramki Multi-Controlled X.

```
# Krok 3: Wzmacnianie amplitudy
def build_diffusion_operator(num_qubits, iteration_num=None):
    name_str = 'Diffusion'
    if iteration_num is not None:
        name_str += f'_{iteration_num}'
    diffusion = QuantumCircuit(num_qubits, name=name_str)

    for i in range(num_qubits):
        diffusion.h(i)

    for i in range(num_qubits):
        diffusion.x(i)

    control_qubits = [i for i in range(num_qubits - 1)]
    target_qubit = num_qubits - 1

    diffusion.h(target_qubit)
    diffusion.mcx(control_qubits, target_qubit)
    diffusion.h(target_qubit)

    for i in range(num_qubits):
        diffusion.x(i)

    for i in range(num_qubits):
        diffusion.h(i)

    return diffusion
```

Listing 6. Funkcja wzmacniająca amplitudę

W wyżej zaprezentowanym listingu, funkcja „build_diffusion_operator” jest odpowiedzialna za konstruowanie operatora dyfuzji, który jest kluczowym elementem algorytmu Grovera. Funkcja ta początkowo stosuje bramki Hadamarda do wszystkich kubitów, wprowadzając je w superpozycję. Następnie aplikuje bramki X do każdego kubit. Centralnym elementem jest zastosowanie bramki MCX (Multi-Controlled X), która, wspomagana bramkami Hadamarda na kubicie doce-

lowym, odwraca fazę stanu, w którym wszystkie kubity kontrolne są w stanie $|1\rangle$. Proces ten jest następnie odwracany poprzez ponowne zastosowanie bramek X i bramek Hadamarda, co w sumie tworzy efekt dyfuzji wzmacniającej amplitudę szukanego rozwiązania.

Do zbudowania obwodu kwantowego wykorzystano utworzone funkcje, a następnie zasymulowano go 1024 razy.

```
# Krok 1: Przygotowanie superpozycji
qc = initialize_superposition(qc, n)

# Krok 2 i 3: Pętle iteracji Grovera
for i in range(num_iterations):
    # Tworzenie bramki wyroczni
    current_oracle = build_oracle(n, marked_state, iteration_num=i+1)
    oracle_gate = current_oracle.to_gate()
    qc.append(oracle_gate, range(n))

    # Tworzenie bramki wzmacniania amplitudy
    current_diffusion = build_diffusion_operator(n, iteration_num=i+1)
    diffusion_gate = current_diffusion.to_gate()
    qc.append(diffusion_gate, range(n))

    qc.barrier(label=f'Koniec_iteracji_{i+1}')

# 5. Krok 4: Pomiar
qc.measure(range(n), range(n))

# Rysowanie obwodu
qc.draw('mpl')
plt.show()

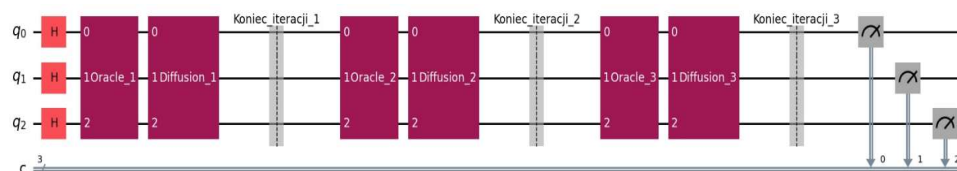
# Symulacja obwodu

simulator = AerSimulator()
compiled_circuit = transpile(qc, simulator)
task = simulator.run(compiled_circuit, shots=1024) # 1024 pomiary
result = task.result()
counts = result.get_counts(qc)
```

Listing 7. Utworzenie obwodu kwantowego i symulacje uruchomienia

Powyższy kod przedstawia pełną implementację algorytmu Grovera, który służy do wyszukiwania elementu w nieustrukturyzowanej bazie danych. Na początku, w Kroku 1, wszystkie kubity są wprowadzane w stan superpozycji za pomocą funkcji „initialize_superposition”, co oznacza, że mają równe prawdopodobieństwo znalezienia się w dowolnym możliwym stanie. Następnie, algorytm Grovera przechodzi przez serię iteracji, powtarzanych określoną liczbę razy, co stanowi krok 2 i 3. W każdej z tych iteracji, najpierw tworzona jest bramka wyroczni za pomocą funkcji „build_oracle”, która dyskretnie zaznacza poszukiwany stan poprzez odwrócenie jego fazy, nie wpływając na jego amplitudę. Bezpośrednio po zastosowaniu wyroczni, aplikowana jest bramka wzmacniania amplitudy, czyli operator dyfuzji, skonstruowany przez funkcję „build_diffusion_operator”. Jej zadaniem jest wzmocnienie amplitudy zaznaczonego stanu, jednocześnie osłabiając amplitudy wszystkich pozostałych stanów, co drastycznie zwiększa szansę na zmierzenie poszukiwanego wyniku. Dla przejrzystości obwodu, między iteracjami dodawana jest bariera. Po zakończeniu wszystkich iteracji, w Kroku 4, wszystkie kubity są mierzone, a ich stany klasyczne są zapisywane. Cały stworzony obwód jest na koniec wizualizowany graficznie. Obwód jest następnie symulowany 1024 razy za pomocą symulatora Aer, co pozwala zebrać statystyki wyników pomiarów.

W powyższych symulacjach przeprowadzono trzy iteracje tworzenia wyroczni oraz wzmacniania amplitudy. Rysunek 5. przedstawia schemat obwodu kwantowego dla tego algorytmu.



Rysunek 5. Schemat obwodu kwantowego dla algorytmu Grovera

Źródło: opracowanie własne.

Zaimplementowane rozwiązanie w efekcie końcowym obliczało prawdopodobieństwo znalezienia szukanego rozwiązania. Po pierwszej iteracji wynosiło

ono około 78%, po drugiej około 94%, a po trzeciej około 33%. Zgodnie ze wzorem na optymalną liczbę iteracji $\frac{\pi}{4}\sqrt{N} = \frac{\pi}{4}\sqrt{8} \approx 2$, można zauważyć, że właśnie po drugiej iteracji prawdopodobieństwo było najwyższe a później nastąpił jego spadek. To zjawisko doskonale ilustruje, że algorytm Grovera działa poprawnie, osiągając maksymalne prawdopodobieństwo znalezienia rozwiązania w optymalnej liczbie iteracji, a jego spadek po przekroczeniu tego punktu potwierdza jego przewidywalne zachowanie.

4. Podsumowanie

Niniejszy rozdział przedstawił podstawy informatyki kwantowej, analizując jej teoretyczne aspekty oraz prezentując praktyczne zastosowania w przetwarzaniu danych. Omówiono kluczowe zasady fizyki kwantowej, które stanowią fundament dla działania kubitów czy bramek kwantowych. W ramach badania praktycznych zastosowań, opisano kwantowe generatory liczb losowych, podkreślając ich zdolność do generowania prawdziwej losowości w oparciu o indeterminizm mechaniki kwantowej. Zaprezentowano również kwantowy test SWAP jako efektywną metodę porównywania nieznanych stanów kwantowych oraz algorytm Grovera, który oferuje kwadratowe przyspieszenie w wyszukiwaniu w nieuporządkowanych bazach danych. Symulacje wykonane z wykorzystaniem biblioteki Qiskit potwierdziły skuteczność i potencjał tych rozwiązań, mimo drobnych odchyłeń, wynikających z ograniczeń symulacyjnych. Podsumowując, informatyka kwantowa otwiera nowe, rewolucyjne perspektywy w dziedzinie obliczeń, oferując narzędzia do rozwiązywania problemów wykraczających poza możliwości klasycznych komputerów i wskazując kierunek dla przyszłych innowacji technologicznych.

Literatura

1. Le Bellac M., *Wstęp do informatyki kwantowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2012.
2. Quantum Computing Roadmaps: A Look at The Maps And Predictions of Major Quantum Players: <https://thequantuminsider.com/2025/05/16/quantum-computing-roadmaps-a-look-at-the-maps-and-predictions-of-major-quantum-players/> (dostęp: 03.06.2025).

3. Top Advantages of Quantum Computers & Their Future Potential: <https://www.spin-quanta.com/news-detail/top-advantages-of-quantum-computers-their-future-potential> 20250207021218 (dostęp: 03.06.2025).
4. Sawerwain M., Wiśniewska J., *Informatyka kwantowa Wybrane obwody i algorytmy*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2015.
5. Johnston E. R., Harrigan N., Gimeno-Segovia M., *Komputer kwantowy Programowanie, algorytmy, kod*, Helion SA, 2021.
6. Wright G., Definition quantum interference, <https://www.techtarget.com/whatis/definition/quantum-interference> (dostęp: 31.05.2025).
7. Kotulski Z., *Generatory liczb losowych: algorytmy, testowanie, zastosowania*, Matematyka Stosowana, Vol.2 (43), nr.32-66, 2001.
8. Herrero-Collantes M., Garcia-Escartin J. C., *Quantum random number generators*, Reviews of Modern Physics 89, 2016.
9. Qiskit: <https://pypi.org/project/qiskit/> (dostęp: 04.06.2025).
10. Foulds S., Kendon V., Spiller T., *The controlled SWAP test for determining quantum entanglement*, Quantum Science and Technology 6, 2020.
11. Schalkers M. A., Dankers K., Wimmer M., Vermaas P., *Explaining Grover's algorithm with a colony of ants: a pedagogical model for making quantum technology comprehensible*, Physics Education 59, 2024.
12. Joshi S., Gupta D., *Grover's Algorithm in a 4-Qubit Search Space*, Journal of Quantum Computing 3, no. 4 (2021): 137–150.

**Jakub Jucha, Kacper Rychel, Konrad Sitko, Łukasz Książek,
Maciej Karczmarz**

Studenckie Koło Naukowe Informatyków „Kod”

dr inż. Bartosz Trybus
opiekun naukowy

SYSTEM REJESTRACJI CZASU PRACY OPARTY NA ARDUINO UNO I RFID

Streszczenie

W niniejszym rozdziale przedstawiono i opisano konstrukcję i zasady działania systemu rejestracji czasu pracy z systemem otwierającym drzwi wejściowe do zakładu pracy wykorzystującego platformę Arduino Uno, czytnik kart RFID, wyświetlacz LCD z interfejsem I2C oraz serwomechanizm Tower-PRO SG90. W skład systemu wchodzi: płyta Arduino Uno jako jednostka centralna, moduł RFID, wyświetlacz LCD I2C oraz serwo mechanizm. Praca systemu polega na ciągłym skanowaniu kart lub breloków RFID, rejestracji wejść/wyjść pracowników oraz wyświetlaniu informacji na LCD z jednoczesnym otwarciem lub zamknięciem drzwi wejściowych. Szczegółowo przeanalizowano fragmenty programu odpowiedzialne za inicjalizację sprzętu i obsługę głównej pętli programu, wskazano zalety oraz wady. Zaproponowano także możliwe kierunki dalszego rozwoju, takie jak integracja z serwerem czasu pracy, systemem ERP, czy dodatkowe zabezpieczenia.

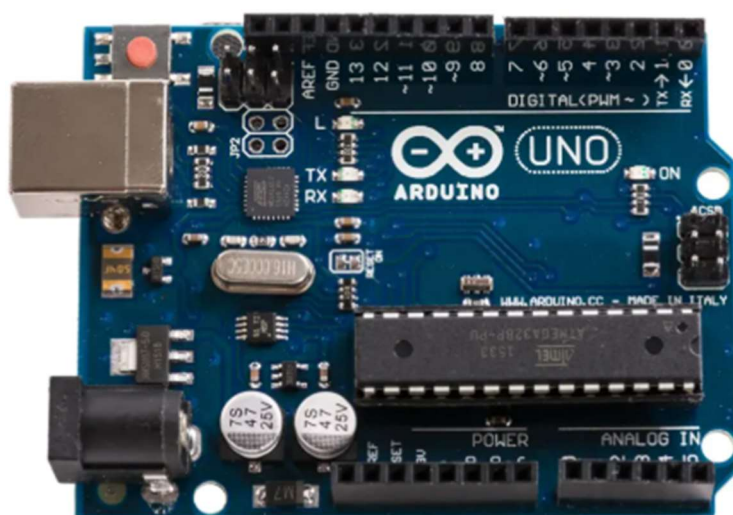
Słowa kluczowe: Arduino Uno, RFID, MFRC522, rejestracja czasu pracy, TowerPro SG90.

1. Wprowadzenie

Platforma Arduino to otwartoźródłowa seria płytek mikrokontrolerowych, których celem jest uproszczenie prototypowania układów elektronicznych i sygnałów wbudowanych. Jedną z popularniejszych płytek w tej rodzinie jest Arduino Uno (Rysunek 1) – oparta na mikroprocesorze ATmega328P, pracującym z częstotliwością 16MHz. Płyta oferuje 14 cyfrowych pinów I/O (wejścia/wyjścia) w tym 6 z funkcją PWM, 6 wejść analogowych, gniazdo USB typu B, gniazdo zasilania (7-20V), złącze ICSP oraz przycisk Reset [1]. Cały zestaw komponentów – w tym stabilizator napięcia, konwerter USB-UART i rezonator – znajduje się na płycie,

co sprawia, że można ją od razu zasilić i programować przez Arduino Ide bez dodatkowego sprzętu.

Pierwotnie wydana w 2010 roku, płytką Arduino Uno szybko zyskała na popularności dzięki prostocie użycia oraz obszernej dokumentacji i społeczności. Oficjalny przewodnik Arduino opisuje szczegółowo architekturę elektryczną i oprogramowanie, uwzględniając mapowanie pinów, funkcję peryferiów oraz konfigurację źródeł zasilania. Dzięki temu inżynierowie amatorzy i profesjonaliści mogą skupić się na logice aplikacji, zamiast na szczegółach sterowania układów niskopoziomowych.



Rysunek 1. Arduino Uno

Źródło: <https://mageek.com.pl/moduly-glowne/701-ardiuno-uno-r3-kabel-klon.html>

Programowanie Arduino odbywa się w dedykowanym środowisku Arduino IDE (lub innych kompilatorach jak PlatformIO), gdzie kod źródłowy pisze się w uproszczonym języku programowania C/C++. Istnieje rozbudowana biblioteka standardowa (Wire.h, SPI.h, Servo.h itp.), a także tysiące dodatkowych bibliotek społecznościowych. Wgrywanie programu na płytkę mikrokontrolera odbywa się jednym kliknięciem. Dzięki otwartoźródłowemu charakterowi projektu, zarówno sprzęt (schematy blokowe, listy części) jak i oprogramowanie są dostępne publicznie. Ułatwia to naukę elektroniki, projektowanie urządzeń IoT, robotykę, systemy

automatyki domowej czy prototypowanie produktów komercyjnych. Duża społeczność Arduino publikuje kursy, artykuły, gotowe projekty oraz prowadzi fora, co czyni Arduino świetnym punktem startowym dla początkujących i elastycznym narzędziem dla zaawansowanych użytkowników.

2. Technologia RFID

Technologia RFID (Rysunek 2), czyli Radio Frequency Identification, umożliwia bezkontaktową identyfikację obiektów osób lub zwierząt przy użyciu fal radiowych [4]. Podstawowym elementem takiego systemu jest pasywny tag, najczęściej w formie karty lub breloka, który nie posiada własnego źródła zasilania i czerpie energię z pola elektromagnetycznego wytworzonego przez czytnik. W projektach opartych na Arduino Uno najczęściej stosuje się moduł MFRC522, niewielkie urządzenie pracujące w paśmie 13,56 MHz i zgodnie z normą ISO/IEC 14443A/MIFARE. Komunikacja między Arduino a modułem MFRC522 odbywa się przez standardową magistralę SPI, co pozwala na szybkie i stabilne przesyłanie danych bez konieczności stosowania dodatkowych interfejsów.

W kodzie programu najpierw inicjalizuje się magistralę SPI funkcją `SPI.begin()`, a następnie wywołuje `mfrc522.PCD_Init()`, dzięki czemu układ MFRC522 zostaje przygotowany do pracy. Główna pętla programu wykonuje cykliczne sprawdzenia obecności nowej karty przy pomocy `mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()`, a jej unikalny identyfikator (UID) odczytywany jest przez `mfrc522.PICC_ReadCardSerial()`. Odczytane bajty UID składane są w ciąg znaków, który można wyświetlić na monitorze szeregowym lub przekazać do kolejnej funkcji programu, na przykład sterujących serwo mechanizmem lub wyświetlaczem LCD. Dzięki niewielkiemu rozmiarowi i niskiej cenie (zazwyczaj kilkanaście złotych) modułu MFRC522 jest doskonałym punktem wyjścia dla każdego, kto chce zbudować autonomiczny czytnik RFID przy użyciu Arduino Uno.

Pasywne tagi RFID składają się z niewielkiego układu scalonego połączonego z anteną, umieszczonych na cienkiej folii lub plastikowej karcie. Gdy czytnik MFRC522 emituje fale radiowe, antena tagu odbiera je i przekształca na energię elektryczną, która zasila układ scalony. Ten mikrochip następnie odpowiada na

czytnik, przesyłając własny identyfikator lub dane zapisane w pamięci, wykorzystując technikę modulacji pola elektromagnetycznego. Cały proces trwa w ciągu milisekund, co pozwala na szybkie odczytywanie tagów w krótkim czasie, bez konieczności fizycznego kontaktu odczytu wzrokowego jak w przypadku kodów kreskowych.



Rysunek 2. Moduł czytnika RFID wraz z kartą i brelokiem

Źródło: <https://mikrobot.pl/czytnik-rfid-13.56mhz-rc522-karta-brelok>

Standard ISO/IEC14443A, obsługiwany przez MFRC522, przewiduje zarówno odczyt jak i zapis niewielkiej ilości danych na kartach, co daje możliwość przechowywania w tagu np. numeru identyfikacyjnego pracownika czy krótkiej notatki. Dzięki swojej prostocie pasywne tagi nie wymagają konserwacji ani

wymiany baterii, co czyni je niezwykle ekonomicznymi w systemach kontroli dostępu czy ewidencji czasu pracy.

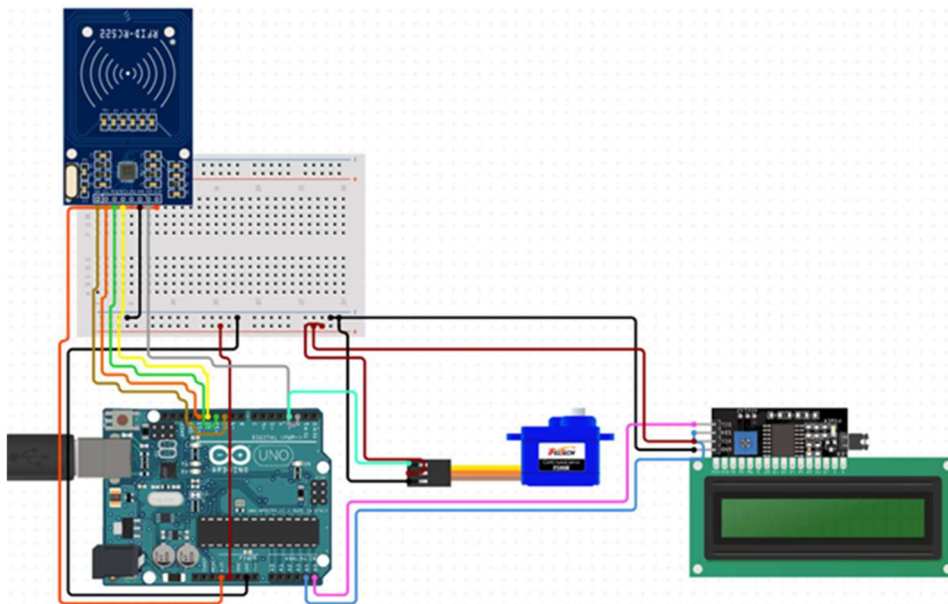
RFID znalazło już wiele praktycznych zastosowań. W obiektach biurowych i mieszkalnych karty RFID często zastępują tradycyjne klucze, pozwalając na szybkie otwieranie drzwi poprzez zbliżenie breloka lub karty do czytnika. W handlu detalicznym i logistyce technologia ta umożliwia automatyczne śledzenie produktów na taśmie produkcyjnej i w magazynach, co znacząco przyspiesza procesy inwentaryzacji i minimalizuje straty spowodowane błędami ludzkimi czy kradzieżami. Biblioteki i wypożyczalnie coraz częściej wykorzystują RFID do automatycznego rozpoznawania książek. W sektorze przemysłowym RFID jest wykorzystywane do monitorowania ruchu palet, komponentów i narzędzi, a także do kontroli jakości poprzez powiadomienie o zbliżaniu się terminu przydatności produktu czy wymaganych przeglądów maszyn. Technologia ta jest powszechnie wykorzystywana w fabrykach, gdzie pomaga w rejestracji czasu pracy pracowników.

3. Budowa układu

Na schemacie układu (Rysunek 3) można zauważyć cztery główne elementy połączone ze sobą w ramach jednej płytki stykowej oraz Arduino Uno: czytnik kart RFID MFRC522, serwomechanizm, wyświetlacz LCD z interfejsem I2C oraz samą płytkę Arduino. Płytkę stykową ułatwia organizację przewodów, ponieważ posiada kolumny zasilania oznaczone jako plusy (czerwony szynoprzewód) i minusy (czarny szynoprzewód) oraz rzędy, w których umieszczane są elementy i przewody sygnałowe. Wszystkie niezbędne linie zasilające – 5V oraz GND – wyprowadzone z Arduino prowadzą do szyn zasilania na płytce, skąd korzystają kolejne moduły.

Czytnik RFID zamocowano w górnej części płytki stykowej. Jego pin VCC musi być podłączony do wyjścia 3,3V Arduino (a nie do 5V), ponieważ układ MFRC522 jest czuły na wyższe napięcie. Pin GND podłączono do wspólnej masy systemu, tworząc wspólny punkt odniesienia dla wszystkich sygnałów. Następnie przewody odpowiedzialne za komunikację SPI łączą czytnik z pinami Arduino: wyjście MOSI (przesył danych a Arduino do czytnika) prowadzi do cyfrowego

pinu 11, MISO (odpowiedź czytnika do Arduino) do pinu 12, sygnał zegarowy SCK do pinu 13, a linia wyboru układu SS (z angielskiego Slave Select) do pinu 10. Dodatkowo linia RST, służąca do resetowania modułu RFID, została poprowadzona do pinu 9 na Arduino. Dzięki takiemu połączeniu Arduino może samodzielnie inicjować cykle komunikacji, wysyłać polecenia na magistralę SPI i odbierać binarne odpowiedzi od MFRC522.



Rysunek 3. Schemat budowy układu
Źródło: opracowanie własne.

Serwomechanizm TowerProSG90 znajduje się po prawej stronie płytki stykowej. Jego przewód zasilający (najczęściej koloru czerwonego) biegnie do szyny 5V na płytce, skąd serwomechanizm czerpie energię potrzebną do obracania silniczka. Przewód masy (czarny lub brązowy) jest wpięty do wspólnej szyny GND. Trzeci przewód, odpowiedzialny za sygnał sterujący PWM, łączy się z cyfrowym pinem 3 Arduino. To właśnie na nim generowany jest sygnał o zmiennej szerokości impulsu, który określa położenie ramienia serwomechanizmu. Wybór pinu 3 wynika z faktu, że Arduino Uno obsługuje sygnał PWM na sześciu pinach cyfrowych, a pin 3 jest jednym z nich, co gwarantuje płynną kontrolę kąta obrotu ramienia.

W dolnej części schematu umieszczony został wyświetlacz LCD z modulem I2C. Moduł ten posiada cztery podstawowe piny: VCC, GND, SDA (linia danych) oraz SCL (linia zegara). Piny VCC i GND, podobnie jak w przypadku serwomechanizmu, podłączone do szyn 5V i GND na płytce stykowej, dzięki czemu cały wyświetlacz otrzymuje stabilne napięcie. Linia SDA trafia do pinu A4 na Arduino, a SCL do pinu A5. Magistrala I2C pozwala na sterowanie wyświetlaczem przy użyciu zaledwie dwóch przewodów, co oszczędza wolne piny cyfrowe Arduino i upraszcza okablowanie. Adres urządzenia I2C jest konfigurowany programowo, a biblioteka `LiquidCrystal_I2C` wykorzystuje protokół I2C do wysyłania komend i tekstu na ekran.

Wszystkie połączenia zasilania i masy zbiegają się na wspólnych szynach płytki stykowej, co zapewnia jednolitą referencję napięcia i ułatwia rozprowadzenie 5V oraz GND do każdego modułu. Taki sposób organizacji eliminuje konieczność ciągłego przepinania przewodów do pinów Arduino i pozwala na utrzymanie przejrzystości połączeń. Montaż preferuje się w taki sposób, aby poszczególne grupy przewodów (zasilające, sygnałowe SPI, PWM oraz I2C) były wyraźnie rozdzielone wizualnie – ułatwia to diagnozowanie ewentualnych problemów podczas testów. Cały układ zasilany jest przez port USB komputera lub zewnętrzny zasilacz podłączony do wejścia DC na Arduino. Dzięki temu można w łatwy sposób zasilać system podczas programowania i jednocześnie zasilać wszystkie podłączone moduły bez dodatkowych źródeł prądu.

4. Odczyt kodu UID karty RFID

Poniższy kod prezentuje fragment programu w języku Arduino C/C++ którego zadaniem jest odczytanie unikalnego identyfikatora (UID) pasywnej karty RFID za pomocą czytnika MFRC522 podłączonego do płytki Arduino Uno. Odczyt UID jest pierwszym i niezbędnym etapem każdej aplikacji RFID, ponieważ to właśnie na podstawie tego ciągu bajtów można przypisać kartę do konkretnego pracownika, użytkownika czy obiektu.

```

#include <SPI.h> #include <MFRC522.h> #define SS_PIN 10 #define RST_PIN 9
MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN);
MFRC522::MIFARE_Key key;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  rfid.PCD_Init();
}
void loop() {
  if(rfid.PICC_IsNewCardPresent() && rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
    Serial.print("UID: {}");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[0] < 0x10 ? "BLAD" : "");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[0], HEX);
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[1] < 0x10 ? "BLAD" : " ");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[1], HEX);
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[2] < 0x10 ? "BLAD" : " ");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[2], HEX);
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[3] < 0x10 ? "BLAD" : " ");
    Serial.print(rfid.uid.uidByte[3], HEX);
    Serial.print("{}");
    rfid.PICC_HaltA();
    rfid.PCD_StopCrypto1();
  }
}

```

Listing 1. Program odpowiedzialny za odczytanie tagu karty

Źródło: Opracowanie własne.

Na samym początku (Listing 1) programu zostały dołączone biblioteki *SPI.h* i *MFRC522.h*, co umożliwia komunikację z czytnikiem MFRC522 przez interfejs SPI oraz dostęp do wysokopoziomowych funkcji obsługi transporterów RFID. W kolejnych liniach definiuje się piny *SS_PIN* i *RST_PIN*, pod które podłączono

sygnał wyboru układu SS (Slave Select) oraz linię resetu czytnika, co jest zgodne z dokumentacją modułu MFRC522 i ułatwia sterowanie nim z poziomu Arduino Uno. Następnie tworzy się obiekt *rfid* klasy *MFRC522*, a także zmienną *key* typu *MFRC522::MIFARE_Key*, która – choć nie jest używana w prostym odczycie UID – zwykle służy do przechowywania klucza dostępu do sektorów pamięci kart MIFIRE Classic.

W funkcji *setup()* inicjalizowana jest komunikacja szeregową *Baud 9600* przez *Serial.begin(9600)*, co pozwala na wyświetlanie odczytanych danych w Serial Monitor Arduino IDE (konsoli środowiska). Wywołanie *SPI.begin()* uruchamia magistralę SPI, a *rfid.PCD_Init()* włącza i konfiguruje czytnik MFRC522, przygotowując go do odczytu kart RFID.

Główna pętla *loop()* stale monitoruje obecność nowych kart RFID. Wyrażenie *rfid.PICC_IsNewCardPresent()* sprawdza, czy w zasięgu anteny pojawił się tag, a *rfid.PICC_ReadCardSerial()* - czy odczytacz zbyt słabego sygnału.

Po pozytywnym odczycie jego UID zakończyło się sukcesem. Obie funkcje muszą zwrócić prawdę, aby przejść do sekcji przetwarzającej odczytane bajty, co zapobiega sytuacjom, gdy czytnik zasygnalizuje obecność tagu, ale dane nie zostały poprawnie przesłane – na przykład z powodu chwilowych zakłóceń w UID program wpisuje w formacie szesnastkowym kolejne bajty identyfikatora karty RFID. Operator (`< 0x10 ? „BLAD” : „”`) służy do dopisania zera wiodącego lub spacji przed pojedynczymi znakami szesnastkowymi, co zapewnia jednolitą szerokość wyświetlanego ciągu. Dzięki temu identyfikator zawsze składa się z czterech par znaków (np. 0A B3 4F 2C), a komunikat jest czytelny dla użytkownika. Odczytane znaki są drukowane przez *Serial.print(..., HEX)*, co nakazuje funkcji konwersję liczby na system szesnastkowy.

Po wypisaniu pełnego UID następuje wywołanie *rfid.PICC_HaltA()*, które wysyła do karty komendę zatrzymania operacji, oraz *rfid.PCD_StopCrypto1()*, kończące ewentualną sesję szyfrowaną – jest to dobra praktyka zabezpieczająca przez pozostałościami protokołu komunikacyjnego, zwłaszcza przy późniejszym odczycie czy zapisie innych sektorów pamięci karty.

Odczyt UID karty jest kluczowy, ponieważ każdy tag RFID ma unikalny numer – to on stanowi swego rodzaju cyfrowy „klucz” użytkownika w systemie rejestracji czasu pracy czy kontroli dostępu. W praktycznej części aplikacji po pobraniu i wyświetleniu UID następuje porównanie tego ciągu z wcześniej zarejestrowanym zestawem identyfikatorów przypisanych do poszczególnych pracowników. Gdy UID zgadza się z wartością przypisaną konkretnemu pracownikowi, program może odnotować jego wejście do pracy, wpisać odpowiednią linię do dziennika czy wysłać sygnał do serwo mechanizmu otwierającego drzwi. Brak zgodności UID powoduje odrzucenie karty i zapobiega nieautoryzowanemu dostępowi. Teki mechanizm sprawia, że system jest zarówno prosty w implementacji jak i elastyczny – dodawanie nowych pracowników sprowadza się do zanotowania ich UID w tablicy w programie lub w zewnętrznej bazie danych.

5. Implementacja kodu odpowiedzialnego za rejestrację czasu pracy oraz otwieranie drzwi

Poniżej zaprezentowano program (Listing 2) który rozszerza odczyt UID karty RFID o wyświetlanie komunikatów na ekranie LCD [2], sterowanie serwo mechanizmem oraz przesyłanie zestandaryzowanych wpisów do portu szeregowego w formacie CSV. Dzięki temu jednoznacznie rejestruje on zdarzenia otwarcia i zamknięcia drzwi przy użyciu jednej, uprzednio zarejestrowanej i zdefiniowanej karty.

=

```
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
String karta = "23 6D 45 33";
```

```
byte stan = 0;
Servo servo;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  servo.write(70);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  servo.attach(3);
  SPI.begin();
  rfid.PCD_Init();
  Serial.println("LABEL,Date,Time,ID,OPERATION");
}

void loop() {
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Dzien dobry!");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Zeskanuj karte!");

  if ( ! rfid.PICC_IsNewCardPresent())
    return;
  if ( ! rfid.PICC_ReadCardSerial())
    return;

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Skanowanie...");
  String ID = "";
```

```

for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
  ID.concat(String(rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
  ID.concat(String(rfid.uid.uidByte[i], HEX));
  delay(500);
}
ID.toUpperCase();

if (ID.substring(1) == karta && stan == 0 ) {
  servo.write(70);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Drzwi zamkniete!");
  Serial.println((String) "DATA,DATE,TIME," + karta+", " + "Zamknieto
drzwi");
  delay(1500);
  lcd.clear();
  stan = 1;
} else if (ID.substring(1) == karta && stan == 1 ) {
  servo.write(160);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Drzwi otwarte!");
  Serial.println((String) "DATA,DATE,TIME," + karta+", " + "Otwarto drzwi");
  delay(1500);
  lcd.clear();
  stan = 0;
} else {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Wprowadz dobra");

```

```

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("karte!!!");
    delay(2000);
    lcd.clear();
  }
}

```

Listing 2. Program odpowiedzialny za główną funkcjonalność

Źródło: Opracowanie własne.

W pierwszych liniach programu dołączone zostały cztery biblioteki: Servo.h do sterowania serwomechanizmem, LiquidCrystal_I2C.h do obsługi wyświetlacza z interfejsem I2C, SPI.h oraz MFRC522.h do komunikacji z czytnikiem RFID MFRC522. Dzięki temu wszystkie potrzebne funkcje potrzebne do sterowania serwomechanizmem, wyświetlacza i RFID są dostępne „od ręki”. Zdefiniowano również dwa piny – SS_PIN (chip select) i RST_PIN (reset) – służące module RFID, zgodnie z zaleceniami producenta, co zapewnia prawidłową inicjalizację i selekcję urządzenia na magistrali SPI.

Zmienna karta zawiera wcześniej zarejestrowany identyfikator karty (UID) w formacie tekstowym „23 6D 45 33”. W praktycznym wdrożeniu ten ciąg odpowiada konkretnemu pracownikowi lub uprawnieniu. Zmienna stan przyjmuje dwie wartości (0 lub 1) i informuje o aktualnym położeniu drzwi – 0 oznacza, że drzwi są zamknięte, a 1 – otwarte.

W setup() uruchamiana jest komunikacja szeregową prędkością 9600, dzięki czemu można przysyłać czytelne wpisy CSV do komputera. Bezpośrednio po włączeniu systemu ustawiany jest serwomechanizm w pozycji 70o (stan „zamknięte”), uruchamiany i podświetlany jest wyświetlacz LCD, a następnie przypinany jest serwomechanizm do pinu PWM 3. Magistrala SPI oraz moduł MFRC522 inicjowane są wywołaniem SPI.begin() i rfid.PCD_Init(). Na koniec drukowany jest nagłówek CSV: „LABEL, Date, Time, Id, OPERATION”, który pozwala na późniejsze analizy w programie arkusza kalkulacyjnego.

W głównej pętli `loop()` użytkownik widzi na wyświetlaczu LCD komunikat powitalny „Dzień dobry! Zeskanuj kartę!”, który znika dopiero po wykryciu nowego tagu RFID. Funkcje `PICC_IsNewCardPresent()` i `PICC_ReadCardSerial()` gwarantują, że dalsze instrukcje wykonują się jedynie po pomyślnym odczycie UID. Po odczycie ekran wyświetla „Skanowanie...”, a następnie w pętli dla każdego bajtu z UID buduje się łańcuch ID w postaci szesnastkowej z zachowaniem dwóch znaków na bajty, co poprawia czytelność. Krótki delay(500) przy każdym bajcie daje użytkownikowi wizualne wrażenie procesu skanowania.

Po uformowaniu identyfikatora ID w wielkich literach następuje porównanie z wartością karta i sprawdzanie bieżącego stan. Gdy karta zgadza się i drzwi są zamknięte (`stan == 0`), serwomechanizm zostaje przestawione z powrotem na pozycję 70o (utrzymanie zamknięcia, choć można tu użyć innej wartości w zależności od mechanizmu drzwi), a na LCD wyświetla się komunikat „Drzwi zamknięte!”. Równocześnie do portu szeregowego wysyłany jest wpis CSV z opisem operacji „Zamknięto drzwi” oraz UID - taki wiersz można automatycznie zaimportować do arkusza kalkulacyjnego lub bazy danych. Po krótkiej pauzie delay(1500) ekran LCD zostaje wyczyszczony, a zmienna stan ustawiona na 1, co sygnalizuje, że drzwi są teraz „zamknięte” i kolejne skanowanie tej samej karty wywoła następną gałąź warunkową.

W przeciwnym przypadku, jeśli ta sama karta zostanie przyłożona przy `stan == 1`, program przechodzi do gałęzi otwierania drzwi: serwomechanizm jest przestawiane do 160o (pozycja „otwarte”), LCD pokazuje „Drzwi otwarte!”, a port szeregowy otrzymuje wpis „Otwarte drzwi”. Ponownie po pauzie ekran zostaje wyczyszczony, a stan wraca do 0, co przygotowuje system na ponowne zamknięcie drzwi przy następnym skanie.

Jeśli odczyt ID nie zgadza się z wartością karta, program wyświetla na LCD przez 2 sekundy ostrzeżenie „Wprowadz dobra karte!!!”, a następnie czyści ekran i wraca do początku pętli, czekając na właściwy UID. Dzięki temu system odrzuca nieautoryzowane karty bez fizycznego otwierania drzwi.

Cały opisany mechanizm łączy proste operacje odczytu RFID, wyświetlania komunikatów na LCD, sterowania serwomechanizmem oraz logowania zdarzeń

w jednym spójnym programie. Wartość stan zapobiega wielokrotnemu otwieraniu lub zamykaniu drzwi przy jednym przyłożeniu karty, co chroni przed przypadkowymi ruchami serwomechanizmu, a format CSV ułatwia późniejszą analizę i archiwizację czasu pracy.

6. Zalety i wady rozwiązania

Zalety: Proponowane rozwiązanie wykorzystuje tanie i łatwo dostępne komponenty, co obniża koszty produkcji. Płytką Arduino Uno jest popularna i dobrze udokumentowana, co ułatwia programowanie i rozbudowę systemu przez hobbyistów i inżynierów. Otwartość platformy Arduino pozwala na swobodne modyfikacje kodu i sprzętu. Moduł RFID MFRC522 także jest stosunkowo tani i prosty w obsłudze. Wyświetlacz LCD I2C umożliwia przejrzyste komunikaty z użytkownikiem bez potrzeby wielu pinów, a serwomechanizm oferuje możliwość dodania efektu fizycznego otwierania drzwi przy minimalnym programowym nakładzie. Całość stanowi samodzielną jednostkę, którą łatwo wdrożyć w dowolnym pomieszczeniu. System ten można także w prosty sposób integrować z zewnętrznymi systemami do zarządzania czasem pracy (np. z systemami ERP z modułem rejestracji czasu pracy) dzięki wykorzystaniu formatu zapisu danych CSV.

Wady: Główne ograniczenia wynikają z prostoty rozwiązania. Czytnik MFRC522 zwykle współpracuje z tagami MIFARE Classic, które mają znane słabe zabezpieczenia [3] – algorytm szyfrowania Crypto1 został już wielokrotnie złamany, co może umożliwić nieautoryzowany odczyt lub kopiowanie karty. System pozwala zwykle na skanowanie tylko jednej karty w danej chwili i nie posiada zaawansowanego zarządzania wieloma użytkownikami ani historią zdarzeń – wszystko trzeba realizować programowo, przechowując dane w pamięci Arduino lub pamięci zewnętrznej (np. w systemie ERP). Płytką Arduino Uno ma też ograniczoną pamięć i moc obliczeniową, co przy dużej liczbie użytkowników lub dodatkowych funkcjach (np. szyfrowanie komunikacji) może stanowić ograniczenia. Wadę jest także brak wbudowanej łączności sieciowej – do dalszej analizy lub synchronizacji danych wymagany byłby dodatkowy moduł (np. Ethernet lub Wi-Fi).

7. Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono budowę i działanie prostego systemu rejestracji czasu pracy opartego na komponentach takich jak: Arduino Uno, czytnik RFID MFRC522, wyświetlaczu LCD z magistralą I2C oraz serwomechanizmie Tower-Pro SG90. Omówiono działanie poszczególnych elementów oraz sposób integracji w jednym systemie – od inicjalizacji sprzętu, poprzez ciągłe monitorowanie kart RFID, aż po wyświetlenie informacji i mechaniczne sygnalizowanie dostępu. Wskazano zalety rozwiązania takie jak niskie koszty, elastyczność i otwartość platformy, ale również potencjalne wady, w tym ograniczoną wydajność i zabezpieczenia kart RFID. Opisany system może stanowić punkt wyjścia do dalszego rozwoju w kierunku inteligentnych systemów kontroli dostępu i ewidencji czasu pracy.

Kod źródłowy

<https://github.com/Jcobincho/RCP-Arduino>

Literatura

1. Arduino.cc – Official Documentation: *Arduino Uno R3*. Dostępne: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3> (dostęp: 05.2025).
2. LiquidCrystal_I2C Library – Arduino Documentation: opis biblioteki I2C dla wyświetlacza LCD (docs.oyoclass.com) (dostęp: 05.2025).
3. Keysight Technologies – Network & Cybersecurity Blog (2024): “*Security Highlight: Backdoor Key Found in MIFARE Classic Cards*” (opis podatności kart MIFARE Classic) (dostęp: 05.2025).
4. NXP Semiconductors: *MFRC522 – Standard Performance MIFARE® and NTAG® Frontend*, karta katalogowa (opis MFRC522). Dostępne na stronie NXP (dostęp: 05.2025).

DOCUMENT
CREATED
WITH



PDF
COMBINER

PDF Combiner is a free application that you can use to combine multiple PDF documents into one.

Three simple steps are needed to merge several PDF documents. First, we must add files to the program. This can be done using the Add files button or by dragging files to the list via the Drag and Drop mechanism. Then you need to adjust the order of files if list order is not suitable. The last step is joining files. To do this, click button Combine PDFs.

Main features:

secure PDF merging - everything is done on your computer and documents are not sent anywhere

simplicity - you need to follow three steps to merge documents

possibility to rearrange document - change the order of merged documents and page selection

reliability - application is not modifying a content of merged documents.

Visit the homepage to download the application:

www.jankowskimichal.pl/pdf-combiner

To remove this page from your document, please donate a project.