

INFORMATYKA W BIZNESIE

D E B I U T Y S T U D E N C K I E

2 0 2 4

INFORMATYKA W BIZNESIE

pod redakcją
Heleny Dudycz



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2024

Recenzja
Marcin Hernes

Redakcja wydawnicza
Agata Wójcicka-Kołodziej

Korekta
Katarzyna Gwizda

Skład i łamanie
Adam Dębski

Projekt okładki
Beata Dębska

Na okładce wykorzystano zdjęcia z zasobów Adobe Stock

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa
Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0).
Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>



ISBN 978-83-67899-79-6 (wersja papierowa)

ISBN 978-83-67899-80-2 (wersja elektroniczna)

DOI: 10.15611/2024.80.2

Druk i oprawa: TOTEM

Spis treści

Wstęp	7
Julia Bauer: Ewaluacja prototypu aplikacji o emocjach z uwzględnieniem psychologii kognitywnej oraz <i>User Experience</i>	9
Maksymilian Bogut: Zagrożenie cyberbezpieczeństwa w Europie Środkowo-Wschodniej związane z działalnością grupy <i>Advanced Persistent Threat Sandworm</i>	23
Filip Brzezicki: Podejście do oceny zastosowania gamifikacji w aplikacjach do nauki języków obcych	36
Marcin Dugiełło: Porównanie jakości modeli prognozowania na podstawie cen transakcyjnych nieruchomości mieszkalnych we Wrocławiu	48
Małgorzata Hauke: Rzeczywistość rozszerzona (<i>Extended Reality</i>) w świadomości społeczeństwa w świetle przeprowadzonych badań empirycznych	63
Wojciech Kowalski: Sztuczna inteligencja w zarządzaniu bezpieczeństwem masowych imprez. Identyfikacja potencjalnych zagrożeń, takich jak terroryzm i zamieszki	79
Ewelina Słowik: Zastosowanie przetwarzania języka naturalnego w procesie diagnozowania i leczenia choroby Alzheimera	92
Ewelina Ząb: Porównanie funkcjonalności i atrakcyjności wybranych aplikacji inwestycyjnych dla inwestorów indywidualnych	105

Wstęp

To już trzecia publikacja zeszytu „Debiutów Studenckich” pt. *Informatyka w biznesie*, która zawiera zbiór artykułów studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Omówiono w nich bardzo aktualne zagadnienia oraz wyniki przeprowadzonych badań empirycznych, związanych z zastosowaniem w biznesie metod, technologii i rozwiązań z szeroko rozumianej informatyki. Tak jak w poprzednich dwóch numerach (2022, 2023), są to opracowania przede wszystkim autorstwa studentów kierunku informatyka w biznesie. Mniejszą część stanowią prace studentów innych kierunków, tym razem rachunkowości i finansów oraz zarządzania.

Autorzy trafnie zidentyfikowali bieżące problemy badawcze, istotne zarówno od strony teoretycznej, jak i utylitarnej. Na pewno ważnymi zagadnieniami są dezinformacja i cyberbezpieczeństwo, zwłaszcza w kontekście wielu trwających na świecie konfliktów. Dlatego tak istotne jest analizowanie działalności różnych grup, w tym określanych jako *Advanced Persistent Threat* (APT), oraz ich ogromnego wpływu na zagrożenie cyberbezpieczeństwa w Europie Środkowo-Wschodniej (artykuł Maksymiliana Boguta). Wiąże się to także zapewnieniem ludziom bezpieczeństwa przede wszystkim w miejscach publicznych. Stąd na uwagę zasługuje artykuł, w którym omówiono zastosowanie sztucznej inteligencji w zarządzaniu bezpieczeństwem imprez masowych, korzystającej z technologii takich jak rozpoznawanie twarzy, zarządzanie tłumem oraz wykrywanie niebezpiecznych przedmiotów (artykuł Wojciecha Kowalskiego).

W każdym z zeszytów „Debiutów Studenckich” *Informatyka w biznesie* zawarte są opracowania opisujące przeprowadzone badanie empiryczne, dotyczące użycia metod uczenia maszynowego. W niniejszym tomie opisano wyniki porównania skuteczności użycia metod, takich jak lasy losowe oraz regresji liniowej w wycenie nieruchomości mieszkalnych na podstawie pozyskanych danych transakcyjnych obejmujących miasto Wrocław (artykuł Marcina Dugiełło). Jest to ciekawa kontynuacja tematu, który został opisany przez innego autora w artykule opublikowanym w „Debiutach Studenckich” *Informatyka w biznesie* w 2023 roku. Innym ciekawym obszarem związanym z użyciem metod sztucznej inteligencji jest propozycja użycia przetwarzania języka naturalnego w procesie diagnozowania i leczenia choroby Alzheimera (artykuł Eweliny Słowik). Również temat związany z weryfikacją i walidacją utworzonych rozwiązań informatycznych ze względu na ich użyteczność i *User Experience* (UX) został podjęty w tym wydaniu. Stosując heurystyki Nielsena oraz zasady Gestalta, przeprowadzono walidację autorskiej propozycji aplikacji, mającej na celu wsparcie w identyfikacji emocji u człowieka (artykuł Julii Bauer). Natomiast z użyciem metody, jaką jest wędrówka poznawcza, oraz autorskiej propozycji listy kontrolnej przeprowadzono ocenę wybranych aplikacji do nauki języka obcego pod kątem użycia elementów gamifikacji (artykuł Filipa Brzezickiego). W innym zaś ar-

tykule skoncentrowano się na omówieniu przeprowadzonej analizy porównawczej ośmiu aplikacji inwestycyjnych pod kątem ich funkcjonalności i użyteczności (artykuł Eweliny Ząb).

Wraz z rozwojem różnorodnych technologii cały czas zmienia się interfejs w komunikacji człowiek – komputer. W tym kontekście interesujący jest opis rozszerzonej rzeczywistości – *Extended Reality* (XR) oraz wyników przeprowadzonej ankiety, za pomocą której badano świadomość społeczeństwa w zakresie znajomości i wykorzystania XR (artykuł Małgorzaty Hauke).

Podsumowując, chciałabym podkreślić, że przyjęte do opublikowania artykuły poruszają wiele różnych wątków oraz zagadnień badawczych, stanowiących interesujące tematy z punktu widzenia zarówno teoretycznego, jak i praktycznego. Dziękuję Autorom za podzielenie się wynikami przeprowadzonych analiz oraz Recenzentowi za wnikliwe i rzeczowe oceny artykułów, co w rezultacie przyczyniło się do wydania trzeciego zeszytu „Debiutów Studenckich” pt. *Informatyka w biznesie*.

Helena Dudycz

Julia Bauer

e-mail: 183949@ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0009-2339-0703

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Ewaluacja prototypu aplikacji o emocjach z uwzględnieniem psychologii kognitywnej oraz *User Experience*

DOI: 10.15611/2024.80.2.01

JEL Classification: I23, Y80

© 2024 Julia Bauer

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Bauer, J. (2024). Ewaluacja prototypu aplikacji o emocjach z uwzględnieniem psychologii kognitywnej oraz *User Experience*. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 9-22). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Rosnący trend wśród społeczeństwa dotyczący dbania o zdrowie psychiczne prowadzi do powstawania coraz większej liczby interaktywnych narzędzi wsparcia. Twórcy aplikacji odpowiadają za zaprojektowanie dobrych produktów, uwzględniających szczególnie doświadczenia użytkowników. W niniejszym artykule przedstawiono część prototypu aplikacji będącej narzędziem wsparcia w identyfikacji emocji. Prototyp powstał na bazie scenariuszy użycia aplikacji. Studium przypadku dotyczyło pierwszego kontaktu użytkownika z aplikacją i jej funkcjonalnością. W celu zbadania użyteczności oraz poziomu zgodności interfejsu z zasadami *User Experience* i elementami psychologii kognitywnej ekspert ocenił podany prototyp na podstawie heurystyk Nielsena oraz zasad Gestalt. Z analizy eksperckiej wynikało, że interfejs jest wysoce zgodny z heurystykami. Zidentyfikowano również problemy wymagające rozwiązania i braki prototypu, które w przyszłości należy poprawić. Wysoka ocena modelu wskazuje, że już na etapie projektu ma on duży potencjał, aby rozwinąć się do potrzebnego i przyjemnego produktu końcowego. Przeprowadzone badanie potwierdziło, że uwzględnienie aspektów psychologii kognitywnej oraz *User Experience* przekłada się na realizację użytecznej i przyjaznej dla użytkownika aplikacji.

Słowa kluczowe: *User Experience* (UX), psychologia kognitywna, projektowanie interakcji, interfejs użytkownika, aplikacja

1. Wstęp

Aktualnie można zaobserwować rosnący trend w społeczeństwie dotyczący troski o zdrowie psychiczne. Wraz z rozwojem technologii rośnie zapotrzebowanie na dostęp oraz doskonalenie narzędzi wspomagających ten aspekt życia. Obecnie na ryn-

ku istnieje wiele aplikacji z zakresu zdrowia psychicznego, jak *journaling* czy *self-help*. Choć takie aplikacje nigdy nie zastąpią profesjonalnej pomocy specjalisty, mogą się okazać niezwykle przydatne osobom, które potrzebują wsparcia. Właśnie z tego powodu zaprojektowanie interakcji, która dostarczy pozytywne doświadczenia użytkownikom, powinno być priorytetem. Aby osiągnąć ten cel, konieczne jest zrozumienie istoty projektowania dla *User Experience* (UX), a także zagadnień psychologii kognitywnej, tak ważnych dziedzin w projektowaniu produktów interaktywnych.

Planowanie i projektowanie interakcji, zwłaszcza w pierwszym kontakcie z interfejsem, jest niezwykle ważne z perspektywy UX. Pierwsze doświadczenie użytkownika może w znacznej mierze wpłynąć na to, czy aplikacja zostanie odebrana przyjaźnie i będzie w dalszym ciągu używana. Artykuł koncentruje się na ocenie zaprojektowanej interakcji w duchu zasad szeroko pojętego UX oraz elementów psychologii kognitywnej.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie podejścia do oceny interfejsu powstałej aplikacji o emocjach z uwzględnieniem psychologii kognitywnej oraz UX, bazując na heurystykach Nielsena oraz zasadach Gestalt. W tym celu zaprezentowano ekrany pierwszej interakcji użytkownika z aplikacją, aby określić, czy interfejs spełnia wytyczne dobrego projektowania zgodnie z wymogami UX.

W obszarze badań naukowych dotyczących projektowania interfejsów, artykuł przedstawia propozycję elementów ekranów startowych, które mogą zachęcać lub budzić zaufanie użytkownika. Dodatkowo tekst zawiera wnioski dotyczące mocnych i słabych stron aplikacji, które mogą stanowić cenną wskazówkę dla dalszych prac nad projektem.

Artykuł składa się ze streszczenia, wstępu, części teoretycznej przedstawiającej istotę projektowania, UX oraz psychologii kognitywną, części empirycznej, w której przedstawiono cel badania, zastosowaną procedurę badawczą, ocenę ekspercką stworzonej aplikacji oraz wnioski wynikające z tej oceny.

2. Definicje *User Experience* i psychologii kognitywnej

Termin *User Experience* próbowano zdefiniować na wiele różnych sposobów. Jest to trudne zadanie, ponieważ projektowanie interfejsów odbywa się na pograniczu wielu dziedzin (Mościchowska i Rogoś-Turek, 2022). Norma ISO FDIS 9241-210 traktuje UX jako percepcję i reakcję osoby wynikające z użytkowania i/lub oczekiwanego użytkowania produktu, systemu lub usługi (International Organization for Standardization [IOS], 2019). Według M. Hassenzahla i N. Tractinsky'ego (2006) UX to konsekwencja połączenia trzech czynników: charakterystyk zaprojektowanego systemu, wewnętrznego stanu użytkownika oraz kontekstu, w którym zachodzi interakcja. Natomiast zdaniem I. Mościchowskiej i B. Rogoś-Turek (2022) UX oznacza całokształt doświadczeń użytkownika podczas interakcji z danym produktem. Istnieją trzy główne elementy składające się na UX: funkcjonalność, użyteczność

i atrakcyjność (Mościchowska i Rogoś-Turek, 2022). Użyteczność wyraża stopień, w jakim system może być używany przez określonych użytkowników w celu osiągnięcia określonych celów z efektywnością, wydajnością i zadowoleniem w określonym kontekście użytkowania (IOS, 2019). Użyteczność, w przeciwieństwie do UX, nic nie mówi jednak o budzeniu pozytywnych emocji (Sikorski, 2010).

W dobrym poznaniu UX przydatna jest wiedza o emocjach, jak i psychologiczna. Dlatego też jedną z wielu dziedzin, którą zajmuje się UX jest kognitywistyka (Mościchowska i Rogoś-Turek, 2022). Kognitywistykę, inaczej psychologię kognitywną lub poznawczą, można zdefiniować jako poszukiwanie zrozumienia dla ludzkiej kognicji (poznania) poprzez obserwację zachowania ludzi, wykonujących różne zadania poznawcze (Eysenck i Kean, 2015). Głównym celem psychologii poznawczej jest zrozumienie, w jaki sposób człowiek poznaje świat, jakie są mechanizmy rozumowania i tworzenia wewnętrznych modeli tego świata, jakie są podstawy neurobiologiczne tych mechanizmów oraz jak je modelować i symulować przy pomocy technologii (Duch, 1998). Termin „psychologia poznawcza” może być używany szerzej, z uwzględnieniem aktywności i struktury mózgu jako istotnych informacji dla zrozumienia ludzkiej kognicji. Z kolei neurobiologia poznawcza, aby zrozumieć kognicję człowieka, łączy zarówno informację o jego zachowaniu, jak i o mózgu. Stąd cienka granica między tymi dwoma pojęciami (Eysenck i Kean, 2015).

Z kognitywistyką niezmiennie związana jest kwestia emocji. Według D. Normana (2005) w dobrym poznaniu UX przydatna jest wiedza dotycząca emocji. Badacz podkreśla, że właśnie one są głównym nośnikiem informacji dla człowieka. Na ich podstawie jesteśmy w stanie oceniać i wartościować określone sytuacje. Z tego powodu wszelkie zrozumienie oraz poznanie będzie zawsze szło w parze z emocjami (Norman, 2005).

Do oceny użyteczności interfejsu potrzebne są odpowiednie zasady i heurystyki, czyli uproszczone metody wnioskowania, stanowiące zwięzłe formuły, pełniące rolę wskazówek dotyczących dobrego projektowania (Nielsen, 1992). Skupiają się one przede wszystkim na aspekcie maksymalizacji użyteczności projektowanego produktu interaktywnego (Nielsen, 2024). Popularne 10 heurystyk Nielsena dotyczą głównie oceny użyteczności, podczas gdy zasady Gestalt wychodzą od tego, jak ludzkie umysły postrzegają elementy wizualne. Gestaltizm przyjmuje się jako teoretyczną podstawę projektowania, bo za jego pomocą formułowanie są zasady widzenia przez człowieka indywidualnych komponentów obrazu graficznego i organizowania ich w integralną całość (Medyńska-Gulij, 2007).

3. Projekt i ewaluacja aplikacji „emocJA”

3.1. Cel badania i zastosowana procedura badawcza

Celem badania empirycznego jest ocena, czy interfejs pierwszych ekranów aplikacji o emocjach spełnia wytyczne dobrego projektowania zgodnie z zasadami UX pod

względem zastosowania elementów psychologii kognitywnej. Ocena została przeprowadzona z wykorzystaniem heurystyk Nielsena i zasad Gestalt.

Badaniu poddano aplikację „emocJA”, stworzoną przez autorkę artykułu. Wykonano je, łącząc dwie metody – heurystyczną i studium przypadku. Studium przypadku dotyczy scenariusza 1 oraz części scenariusza 3, szerzej opisanych w pracy licencjackiej autorki, które prezentują pierwszy kontakt użytkownika z aplikacją i elementy jej głównej funkcjonalności.

W artykule przedstawiono ocenę heurystyczną zrobioną przez eksperta, czyli osobę, która dobrze zna aplikację, zawarte w niej funkcjonalności oraz jej przeznaczenie. Ponadto posiada ona wiedzę z dziedziny UX oraz psychologii kognitywnej.

Badanie wykonano według następującej procedury badawczej:

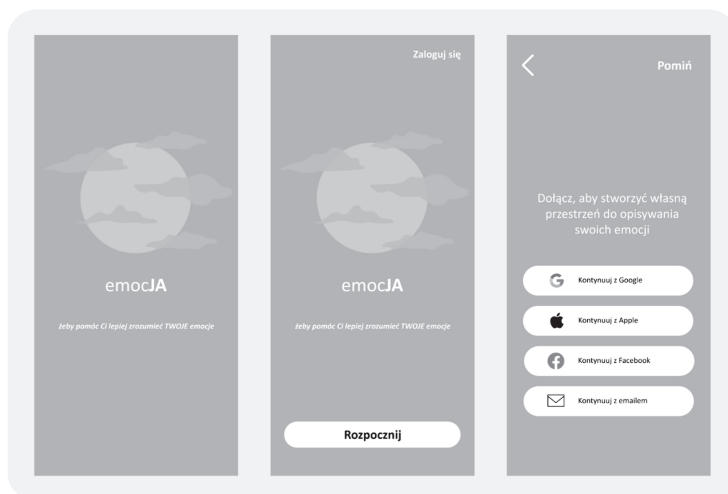
1. zaprojektowanie aplikacji „emocJA” oraz utworzenie jej prototypu;
2. testowanie prototypu według opracowanych scenariuszy;
3. ocena aplikacji „emocJA” za pomocą metod heurystycznych przez eksperta;
4. sformułowanie wniosków z badania.

3.2. Projekt aplikacji

W niniejszym rozdziale zostanie przedstawiony prototyp aplikacji „emocJA”, stworzony na podstawie scenariusza użycia aplikacji. Przedstawia on pierwszy kontakt użytkownika z interfejsem, od którego w dużej mierze zależy, czy owa osoba będzie chętna dalej korzystać z aplikacji. Dlatego niniejszy scenariusz będzie opisywać ekrany, z którymi użytkownik będzie miał styczność zaraz po ściągnięciu aplikacji. Dodatkowo, prototyp został rozszerzony o kilka ekranów głównej funkcjonalności. Ważne jest tu zaprojektowanie takiej interakcji, która nie tyle zachęci, co zdobędzie zaufanie osoby korzystającej. Dokładnie etapy tworzenia projektu, czyli stworzenie person i opis scenariuszy, zostały szerzej opisane w pracy licencjackiej autorki.

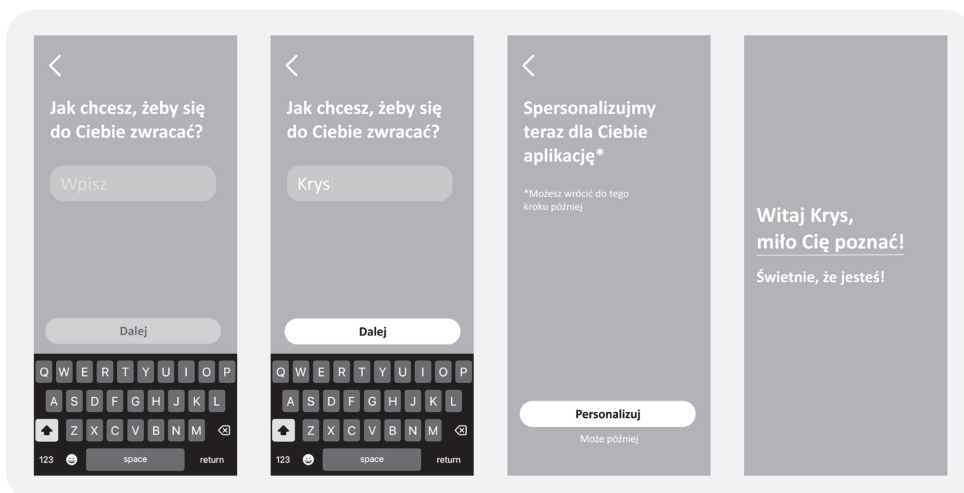
Na rys. 1 przedstawiono trzy pierwsze ekrany zaprojektowanej aplikacji, pojawiające się zaraz po jej włączeniu, z czego pierwszy ukazuje się za każdym włączeniem aplikacji na trzy sekundy. Na ekranie widoczne jest logo aplikacji wraz z jej nazwą oraz mottem. Przy pierwszej interakcji pojawia się przycisk „Rozpocznij”, którym można kontynuować otwieranie aplikacji. Ten zabieg sprawia, że kontakt z systemem już od początku jest interaktywny. Na trzecim ekranie rysunku widoczna jest funkcjonalność logowania, która jest standardową praktyką wśród aplikacji mobilnych. Tu jest to opcja dodatkowa, ponieważ warunek zakładania konta jeszcze przed zapoznaniem się użytkownika z aplikacją może go zniechęcić bądź zabierać jego cenny czas.

Po przejściu dalej i pominięciu ekranu logowania pokaże się pierwszy ekran widoczny na rys. 2. Przedstawia on wybranie dla siebie nazwy poprzez wpisanie jej w pole tekstowe. Ekran ten jest obowiązkowy, a opcja pozwalająca na przejście dalej jest zablokowana (lekką przezroczystą). Wymaga się od użytkownika nazwy, bo ten zabieg pozwala na wstępną personalizację aplikacji. Tak jak w dialogu, użyt-



Rys. 1. Prototyp aplikacji „emocJA” – ekrany startowe

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

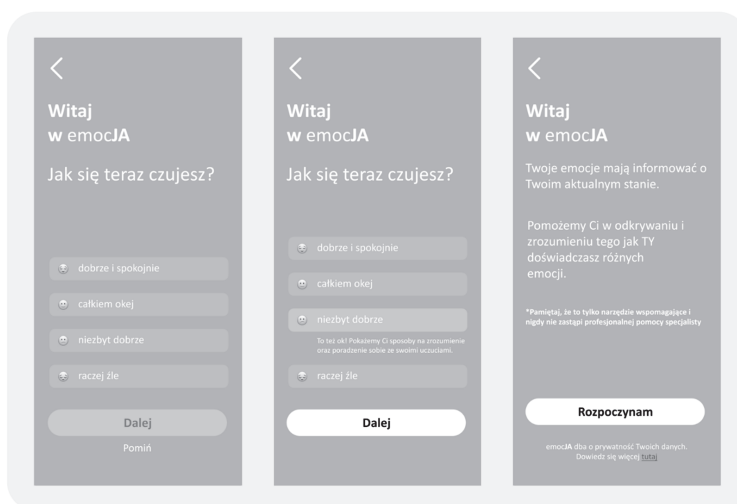


Rys. 2. Prototyp aplikacji „emocJA” – ekrany wstępne pierwszej interakcji

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

kownik może się przedstawić, aby system mógł zwracać się do niego bezpośrednio – jest to widoczne na czwartym ekranie na rysunku. Pozwala to na stworzenie więzi z użytkownikiem już od samego początku, gdyż dialog ten przypomina prawdziwą rozmowę. Trzeci ekran przedstawia propozycję personalizacji, która jest opcją nieobowiązkową i dodatkową, więc można ją pominąć.

Pierwsze dwa ekrany na rys. 3 wyświetlają pytanie: „Jak się teraz czujesz?”. Po-nownie przypomina to naturalny dialog między dwoma stronami, w którym jed- na okazuje zainteresowanie drugą. Po kliknięciu w jedną z opcji podświetli się ona i rozwinie, podając adekwatną odpowiedź zwrotną (drugi ekran na rys. 3). Można ją też odznaczyć bądź całkiem pominąć ten krok. Te dodatkowe ekrany mają głównie zachęcić użytkownika do zastanowienia się nad jego aktualnymi odczuciami, a także zbudować z nim relację i wzbudzić ciekawości do dalszego korzystania z aplikacji.



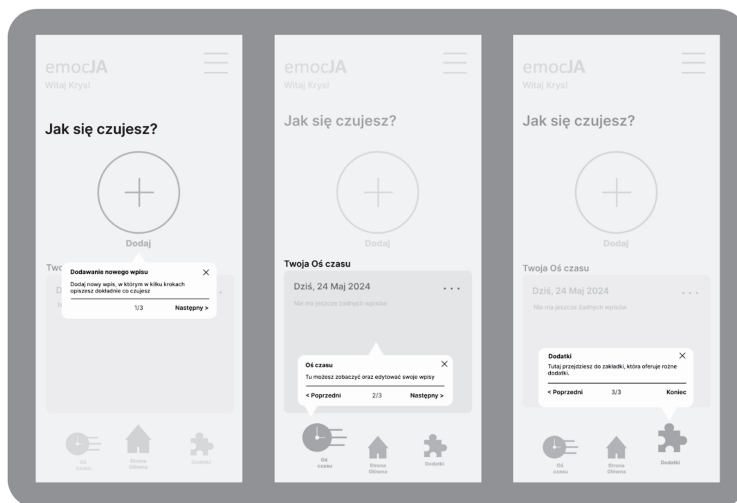
Rys. 3. Prototyp aplikacji „emocJA” – kolejne ekrany wstępne

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Na ostatnim z ekranów wstępnych, widocznym na trzecim ekranie rys. 3, jest przedstawiona informacja o tym, czego można oczekiwać od aplikacji i że nigdy nie zastąpi ona pomocy specjalisty. Jest także bardzo ważna informacja o ochronie danych, co może wzbudzić większe zaufanie do programu. Po naciśnięciu w podświetlony na biało przycisk „Rozpoczynam” przechodzi się do ekranu głównego, gdzie przy pierwszej interakcji domyślnie pojawia się samouczek (rys. 4).

Samouczek to składający się z kilku kroków zbiór dymków pojawiających się sukcesywnie na ekranie. Dymek jest wyróżniony na półprzezroczystym tle, co pozwala skupić wzrok użytkownika. Posiada prostą nawigację, która umożliwi przejście do następnego lub poprzedniego kroku, a także na całkowite zamknięcie samouczka ikoną krzyżyka. Każdy krok informuje o funkcjonalnościach i ważnych elementach interfejsu¹.

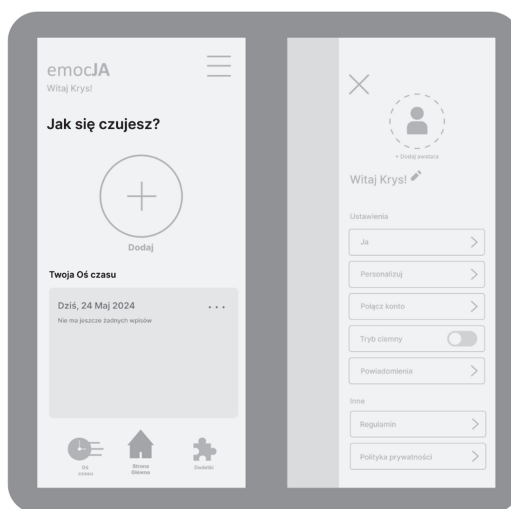
¹ Dokładny opis funkcjonalności jest zawarty w pracy licencjackiej autorki.



Rys. 4. Prototyp aplikacji „emocJA” – samouczek

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Co do ekranu głównego, u podstawy interfejsu widać prostą, trzelementową nawigację, przedstawiającą kolejno od lewej zakładki: „Oś czasu”, „Stronę główną” i „Dodatki”. Pomocniczą cechą paska nawigacji jest powiększenie oraz podświetlenie na mocniejszy kolor tej zakładki, w której aktualnie znajduje się użytkownik, co pozwala mu na większą orientację w aplikacji.



Rys. 5. Prototyp aplikacji „emocJA” – ekran główny oraz menu aplikacji

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

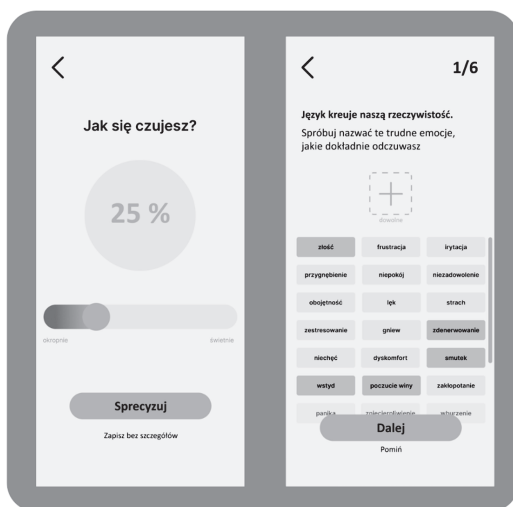
Dodatkowym elementem strony głównej jest menu. Można w nie wejść poprzez ikonę trzech poziomych kresek w prawym górnym rogu. Rozwija się wtedy pasek, na którym można znaleźć różne opcje i ustawienia, które są pogrupowane w sekcje. W lewym górnym rogu paska widoczny jest krzyżyk, który pozwala na wyjście do ekranu głównego.

Po przejściu w duży plus podpisany „Dodaj” na ekranie głównym (zob. rys. 5), aplikacja przeniesie użytkownika do ekranów głównej funkcjonalności aplikacji, gdzie jako pierwszy wyświetli się suwak umożliwiający wyrażenie w procentach pytania „Jak się czujesz?” (zob. rys. 6). Widoczny jest także efekt przesunięcia suwaka na wartość 25%.

Po przejściu w opcję „Sprecyzuj” pojawi się pierwszy krok z sześciu dotyczących analizy emocji. Widoczny na rys. 6 przedstawia pytanie odnoszące się do danego kroku, a także interaktywne przyciski przedstawiające różne propozycje. Można je zaznaczyć bądź też odznaczyć, a te wyróżnią się ciemniejszym kolorem (zob. rys. 6).

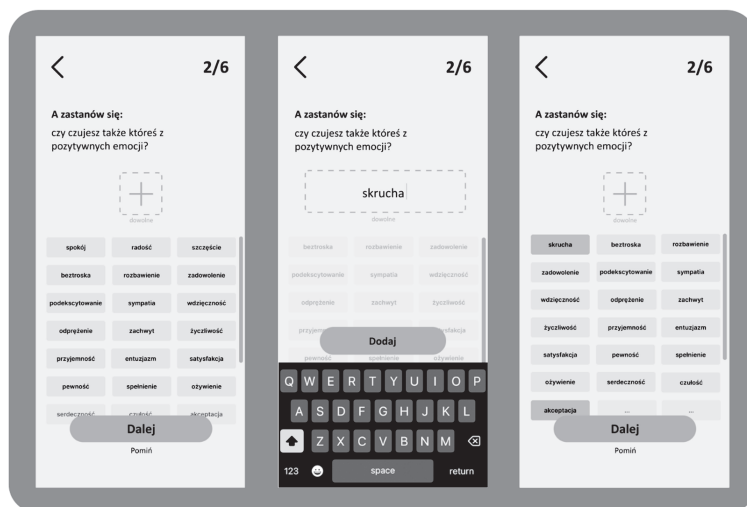
Dodatkowo istnieje opcja dodania własnego wariantu, widoczna pod przyciskiem plusa z podpisem „Dowolne”. Na rys. 7 przedstawiono kolejny krok funkcjonalności, który wygląda bardzo podobnie do pierwszego, ale różni się treścią. Po kliknięciu w ikonę plusa wyświetli się klawiatura, tło będzie półprzezroczyste, a na nim pojawi się pole do wpisania dowolnego tekstu. Na koniec można go dodać przyciskiem „Dodaj”, a tekst pojawi się jako kolejny kafelek wśród propozycji.

Atutem przedstawionego prototypu jest nawigacja. Użytkownik w każdej chwili może wyjść z funkcjonalności bądź poruszać się dowolnie po ekranach. Dane zachowują się na bieżąco, więc nic nie traci się podczas tego poruszania.



Rys. 6. Prototyp aplikacji „emocJA” – wejście do głównej funkcjonalności aplikacji

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.



Rys. 7. Prototyp aplikacji „emocJA” – pierwsze ekrany głównej funkcjonalności

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Powyżej przedstawiono ekrany prototypu, które ukazywały pierwszy kontakt z aplikacją. Miały one na celu zademonstrowanie, jak odbywać by się miała pierwsza interakcja z użytkownikiem oraz jaki jest główny cel aplikacji.

3.3. Ewaluacja prototypu aplikacji „emocJA” przez eksperta

W tej części pracy zostanie przedstawiona ocena heurystyczna przeprowadzona przez eksperta, dotycząca ekranów aplikacji „emocJA”, których projekt przedstawiono dokładnie w punkcie 3.2. Prototyp poddano ewaluacji najpierw ze względu na 10 heurystyk Nielsena, a następnie na podstawie 5 zasad Gestalt.

Heurystyki Nielsena

- Widoczność statusu systemu:
 - użyta nawigacja zarówno w samouczku, na stronie głównej aplikacji, jak i w głównej funkcjonalności aplikacji;
 - widocznie wyróżniony moduł paska nawigacji, w którym aktualnie znajduje się użytkownik;
 - zastosowanie licznika w samouczku oraz głównej funkcjonalności, który informuje, ile kroków dzieli użytkownika od zamierzonego celu.
- Dopasowanie systemu do świata rzeczywistego:
 - język, którym posługuje się aplikacja, jest powszechnie stosowany, intuicyjny i znany człowiekowi;
 - zgodne ze standardami i znane użytkownikowi ikony wykorzystane na ekranach.
- Kontrola i wolność użytkownika:
 - interakcja człowiek–komputer przypominająca dialog;

- wolność użytkownika wobec tego, jak i kiedy poruszać się po interfejsie, swobodne poruszanie się między ekranami;
- edycja i dodawanie własnych opcji;
- możliwość używania aplikacji bez obowiązku zakładania konta.
- Zachowanie spójności i trzymanie się standardów:
 - ikony menu, powrotu, interaktywnych przycisków zgodne ze standardami;
 - pasek nawigacji znajdujący się na dole interfejsu aplikacji;
 - motyw kolorystyczny i design zgodny i spójny z całą aplikacją.
- Zapobieganie błędom:
 - zablokowanie opcji „Dalej”, która sugeruje, że nie można kontynuować przeglądania, dopóki nie wykona się jakiejś akcji;
 - mało przykładów niniejszej heurystyki.
- Rozpoznanie a nie przypomnienie:
 - wszystkie informacje wyświetlają się na ekranie automatycznie;
 - w miarę nawigacji i interakcji z systemem dane są zapamiętywane i nie zostają utracone;
 - użytkownik w każdej chwili może wyświetlić zaznaczone dane.
- Elastyczność i efektywność:
 - dostępne opcje „Pomiń” bądź „Zamknij”, które uelastyczniają interakcję;
 - brak rozwiniętej opcji personalizacji.
- Zadbanie o estetyczny i minimalistyczny design:
 - jednolita kolorystyka i design dla całej aplikacji;
 - nieprzytłaczająca liczba treści, tekstu i informacji;
 - wyświetlone są tylko te najważniejsze i najpotrzebniejsze informacje.
- Zapewnienie skutecznej obsługi błędów:
 - nie znaleziono dobrego przykładu na tę heurystykę;
 - powinny wyświetlać się komunikaty w niektórych miejscach interfejsu, ale prototyp tego nie uwzględnił.
- Pomoc i dokumentacja:
 - dostępna informacja o regulaminie i polityce prywatności, jednak brak dokładnej treści;
 - brak dostępnej dokumentacji;
 - jedyną pomocą może służyć samouczek.

Zasady Gestalt

- Zasada bliskości:
 - pogrupowane w sekcje ustawienia w pasku menu, które należą do podobnej tematyki.
- Zasada podobieństwa:
 - zgrupowanie elementów w głównej funkcjonalności, które podświetlają się na ten sam kolor, więc mimo że dzieli je jakaś odległość, intuicyjnie należą do tej samej sekcji – elementów zaznaczonych;

- Zasada domknięcia:
 - półprzezroczyste elementy na ekranie głównej funkcjonalności, które sugerują, że należy przewinąć je w dół, aby je odkryć;
 - ikony, które, choć są zbiorem kresek, postrzegane są jako całość.
- Zasada ciągłości:
 - nawigacja krokowa sugerująca jakiś ciągły proces, który ma początek i koniec.
- Zasada figury i tła:
 - półprzezroczyste tło, które wyróżnia element w samouczku;
 - przykuwający uwagę tekst, ikony bądź inne elementy interfejsu wyróżniające się na tle kolorem bądź swoim kształtem.

4. Wnioski wynikające z oceny eksperta

Niniejszy rozdział prezentuje wnioski wynikające z oceny zaprezentowanych ekranów aplikacji „emocJA” opartej na heurystykach Nielsena i zasadach Gestalt, która została przeprowadzona przez eksperta. Jest to osoba, która dobrze zna działanie i funkcjonalności aplikacji, a ponadto ma wiedzę z dziedziny UX, szczególnie skupiającą się na wymiarze kognitywnym doświadczeń użytkownika.

Ocena heurystyczna prototypu wykazała wysoką zgodność cech interfejsu „emocJA” z heurystykami Nielsena, choć nie ze wszystkimi. Wiele elementów interfejsu wskazuje na to, że pierwsza heurystyka została dobrze spełniona. Zaproponowany prototyp charakteryzuje się dobrze widocznym statusem systemu dzięki takim elementom, jak nawigacja czy licznik kroków, które informują użytkownika, ile dzieli go od zamierzonego celu. Ponadto aplikacja jest wysoce zgodna ze światem rzeczywistym, ponieważ używa znanego języka, symboli i ikon. Jest to atutem aplikacji, który pozwala na szybsze i łatwiejsze nauczanie się jej zwłaszcza przy pierwszej interakcji. Należy także zwrócić uwagę na to, że użytkownik posiada pełną kontrolę swoich akcji. Interakcja odbywa się w formie dialogu między dwoma stronami, co sprawia, że może czuć się on swobodnie i posiada pełną autonomię swoich odpowiedzi i wyborów. Aplikacja charakteryzuje się również wysoką spójnością z powszechnie stosowanymi standardami projektowania. Są to takie standardy, jak rozłożenie elementów na ekranie, wykorzystanie przycisków, tekstu, nawigacji i ikon w taki sposób, że pomagają użytkownikowi w szybkim poznaniu interfejsu. Dodatkowo, już na etapie projektu zadbano o zapobieganie powstawaniu błędów poprzez tak skonstruowaną dostępność funkcji, aby istniało małe prawdopodobieństwo ich popełnienia. Co do dostępności, użytkownik nie musi też zapamiętywać elementów interfejsu, gdyż aplikacja zapamiętuje zaznaczone opcje, a na ekranie wszystko wyświetla się na bieżąco, zatem użytkownik cały czas widzi status swoich akcji. Co do elastyczności interfejsu, możliwa jest praca na skrótach poprzez pomijanie niektórych elementów czy ekranów. Niestety opcja personalizacji nie została rozwinięta w prototypie, co wpływa negatywnie na elastyczność i możliwość dostoso-

wania systemu pod konkretną osobę. Użytkownik na tym etapie nie ma możliwości dopasowania aplikacji indywidualnie, pod siebie. Jest to jednak kwestia, która stwarza potencjał do poprawy w kolejnych iteracjach. Mocną stroną aplikacji za to jest jej spójny design, który nie przytłacza i jest minimalistyczny. System wyświetla tylko najważniejsze informacje, które są efektywnie dostarczane użytkownikowi, zachowując przy tym pełną płynność. Niestety niekoniecznie charakteryzuje się szeroką dostępnością przez wybór konkretnej palety kolorystycznej. W wersji podstawowej lepiej skorzystać z bazowych kolorów, aby design cieszył się dostępnością dla szerszej grupy odbiorców. Co do obsługi błędów, kwestia ta nie została skutecznie pokazana w prototypie. Na koniec, w przyszłości należy zadbać o więcej informacji na temat dokumentacji.

Przechodząc dalej do analizy z perspektywy psychologii kognitywnej, projekt w większej części spełnia zasady Gestalt. Temat psychologii kognitywnej w projektowaniu jest bardzo złożony, jednak można wskazać wiele elementów interfejsu zgodnych z tymi zasadami. Istnieją takie, które przez ludzkie oko są ze sobą łatwo grupowane zarówno ze względu na ich podobieństwo, jak i ich bliskość wobec siebie. Ekran mają też cechy, dzięki którym użytkownik postrzega interfejs jako całość: widzi ikony, komunikaty czy przyciski jako jedność, a nie jako odrębne kształty. Te cechy dodają aplikacji dużej intuicyjności w korzystaniu. Podobnie została zastosowana zasada ciągłości. Użytkownik intuicyjnie wie, że od danego celu dzieli go konkretna liczba ekranów. To pozwala na swobodne poruszanie się po interfejsie i rozumienie ciągłości swoich akcji. Natomiast zasada figury i tła odnajduje swoje odzwierciedlenie w najbardziej wyróżniających się elementach, które mają przykuwać uwagę użytkownika. Najważniejsze przyciski, informacje czy komunikaty wyróżniają się kolorystycznie bądź wielkością na mniej widocznym tle. Warto tu zaznaczyć, że mogą istnieć osoby, dla których dane wykorzystanie zasady nie będzie wywoływało jednakowego efektu. Natura poznawcza człowieka jest złożona, więc aby stworzyć wygląd interfejsu i zbudować intuicyjną interakcję tak, żeby był jeszcze przyjaźniejszy i łatwiejszy w zrozumieniu, należałoby przeprowadzić i zastosować o wiele więcej badań w tym zakresie.

5. Zakończenie

Projektowanie interakcji z użytkownikiem jest kluczowym elementem tworzenia użytecznych aplikacji. Dobrze zaprojektowany interfejs przekłada się bezpośrednio na sukces produktu na rynku. Taki interfejs musi być nie tylko użyteczny, ale także powinien generować w użytkowniku pozytywne doświadczenia. Biorąc pod uwagę specyfikę ocenianej aplikacji, która dotyczy zdrowia psychicznego, utworzenie przyjaznego i budzącego zaufanie interfejsu jest kluczowe. Powinien na pierwszym miejscu stawić użytkownika, a więc charakteryzować się intuicyjnością i łatwością użycia.

Po przedstawieniu prototypu z użyciem studium przypadku przeprowadzono jego ocenę ekspercką. W tym celu zastosowano 10 heurystyk Nielsena, a ponadto wykorzystano zasady Gestalt. Tak obszerna ocena heurystyczna wykazała wysoki poziom użyteczności zaprojektowanego prototypu, co jest ważne z perspektywy *User Experience*. Stanowi to bardzo dobry znak dla dalszego rozwoju aplikacji „emo-cJA”. Już na tym etapie ma ona bardzo duży potencjał, żeby rozwinąć się do potrzebnego, przyjemnego i użytecznego produktu. Ponadto wskazano i zidentyfikowano problemy, na które warto zwrócić uwagę w przyszłości.

W przeprowadzonym badaniu udział wzięli tylko jeden ekspert, co może wpływać na rzetelną, ale także ograniczoną ocenę. Aby uzyskać jeszcze wiarygodniejszą i reprezentatywną opinię, należy w badanie włączyć większą liczbę uczestników – zarówno potencjalnych użytkowników, jak i ekspertów, a także specjalistów psychologów. Ponadto przyszłe kierunki rozwoju mogą skupić się na wykorzystaniu innych metod do oceny interfejsów, które uwzględnią aspekty emocjonalne, kognitywne i adaptacyjne. Biorąc też pod uwagę złożoność tematu psychologii kognitywnej, należy wykonać szerszy przegląd literatury, a nawet zaczerpnąć pomocy specjalistów, zwłaszcza psychologów. W ten sposób aplikację można udoskonalić pod względem merytorycznym, co przełoży się na większe zaufanie użytkowników, a z perspektywy technologicznej będzie lepiej zaprojektowana pod człowieka i jego naturę.

Zaproponowany prototyp zawiera uniwersalne elementy interfejsów i metody ich oceny oraz proponuje spojrzenie na projektowanie interakcji z perspektywy budowania zaufania do użytkownika. Przeprowadzone badanie i wnioski uzyskane w jego toku mają implikacje zarówno dla nauki, jak i praktyki. Potwierdziło ono, że uwzględnienie już na etapie projektu aspektów psychologii kognitywnej oraz UX ma istotne znaczenie na realizację użytecznej i przyjaznej dla użytkownika aplikacji.

Literatura

- Bauer, J. (2024). *Psychologia kognitywna w projektowaniu interfejsu aplikacji z uwzględnieniem doświadczeń użytkownika*. Praca licencjacka, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu.
- Duch, W. (1998). Czym jest kognitywistyka? *Kognitywistyka i Media w Edukacji*, (1). Pobrano 6 marca 2024 z <https://kpbc.umk.pl/Content/30075/kognitywistyka.pdf>
- Eysenck, M. W., i Kean, M. T. (2015). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Taylor & Francis Ltd. Pobrano 24 kwietnia 2024 z https://books.google.pl/books?id=ZDeHBgAAQBAJ&pg=PA1&hl=pl&source=gbs_toc_r&cad=2#v=onepage&q&f=false
- Hassenzahl, M., i Tractinsky, N. (2006). User Experience – a Research Agenda. *Behavior and Information Technology*, 25(2). Pobrano 7 marca 2024 z https://www.researchgate.net/publication/233864602_User_experience_-_A_research_agenda
- International Organization for Standardization [IOS] (2019). ISO 9241-210:2019. Ergonomics of Human-System Interaction – Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems.
- Medyńska-Gulij, B. (2007). Legenda i zasady gestaltyzmu w graficznym projektowaniu treści mapy. *Polski Przegląd Kartograficzny*, 39(2). Pobrano 24 kwietnia 2024 z <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0027-0074>

- Mościchowska, I. i Rogoś-Turek, B. (2022). *Badania jako podstawa projektowanie User Experience*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Nielsen, J. (1992, 3-7 maja). Finding Usability Problems Through Heuristic Evaluation. *CHI '92: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Pobrano z <https://dl.acm.org/doi/10.1145/142750.142834>
- Nielsen, J. (2024, 30 stycznia). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Nielsen Norman Group. Pobrano 25 lutego 2024 z <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/#poster>
- Norman, D. A. (2005). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. Basic Books.
- Riva de la, M. (2023, 11 maja). *What Are The 5 Gestalt Principles?* Careerfoundry. Pobrano 19 kwietnia 2024 z <https://careerfoundry.com/en/blog/ui-design/what-are-gestalt-principles/>
- Sikorski, M. (2010). *Interakcja człowiek-komputer*. Wydawnictwo PJWSTK.

Evaluation of an Emotion Application Prototype Including Cognitive Psychology and User Experience

Abstract: The growing trend among society to care for mental health is leading to the emergence of an increasing number of interactive support tools. Designers of these emerging applications bear a significant responsibility to create good products with a particular emphasis on user experience. This article presents a portion of a prototype application that serves as a tool for identifying emotions. The prototype was developed based on application usage scenarios. The case study focused on the user's first contact with the application and its functionality, with the goal of evaluating the designed interaction. To examine the usability and the level of interface compliance with User Experience principles and elements of cognitive psychology, an expert evaluated the given prototype based on Nielsen's heuristics and Gestalt principles. The expert analysis revealed that the interface is highly compliant with the heuristics. Problems and shortcomings of the prototype were also identified, which need to be addressed in the future. The high rating of the prototype is a good sign for the further development of the application, which already has great potential at this stage to evolve into a useful and user-friendly final product.

Keywords: User Experience, cognitive psychology, interaction design, user interface, application

Maksymilian Bogut

e-mail: 177332@ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0006-4451-6027

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Zagrożenie cyberbezpieczeństwa
w Europie Środkowo-Wschodniej
związane z działalnością grupy
*Advanced Persistent Threat
Sandworm*

DOI: 10.15611/2024.80.2.02

JEL Classification: L86, Y90

@ 2024 Maksymilian Bogut

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Bogut, M. (2024). Zagrożenie cyberbezpieczeństwa w Europie Środkowo-Wschodniej związane z działalnością grupy *Advanced Persistent Threat Sandworm*. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 23-35). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Artykuł koncentruje się na działalności grup *Advanced Persistent Threat* (APT) i ich ogromnego wpływu na zagrożenie cyberbezpieczeństwa w Europie Środkowo-Wschodniej. Zdefiniowano w nim aktualne zagrożenia bezpieczeństwa oraz sklasyfikowano typy aktorów, w tym grupy APT. Szczegółowej analizie poddano grupę APT o nazwie *Sandworm*, tj. jej funkcjonowanie w Europie Środkowo-Wschodniej wraz z przebiegiem podejmowanych działań i ich skutków dla tego regionu.

Słowa kluczowe: cyberbezpieczeństwo, APT, Europa Środkowo-Wschodnia, złośliwe oprogramowanie, *Sandworm*

1. Wstęp

Bezpieczeństwo cyfrowe stało się jednym z najważniejszych wyzwań współczesnego świata. W tym kontekście ataki grupy *Advanced Persistent Threat* (APT) stanowią jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla organizacji, instytucji oraz państw. W Europie Środkowo-Wschodniej, gdzie czynniki geopolityczne i historyczne odgrywają od wieków istotną rolę, działalność takich grup jak *Sandworm* może mieć znaczące konsekwencje dla stabilności i bezpieczeństwa regionu. Ataki te, charakteryzujące się zaawansowaniem technologicznym, wytrwałością i złożonością operacyjną, mogą być prowadzone pod wpływem różnych motywacji, w tym politycznych, ekonomicznych czy strategicznych. Ich cele mogą obejmować szpiegostwo, destabilizację polityczną, a nawet eskalację konfliktów międzynarodowych.

Grupy APT operujące w Europie Środkowo-Wschodniej często wykorzystują unikatowe narzędzia i techniki dostosowane do specyfiki regionu i jego infrastruktury informatycznej. Przykładami takich działań, które miały miejsce w ostatnich latach, są ataki na instytucje rządowe, przedsiębiorstwa energetyczne, a nawet media. Powodują one nie tylko bezpośrednie szkody dla ofiar, ale także podważają zaufanie do instytucji i destabilizują środowisko biznesowe i społeczne.

W kontekście dynamicznie zmieniającego się krajobrazu cyberbezpieczeństwa badanie ataków grup APT w Europie Środkowo-Wschodniej ma poważne implikacje dla polityki bezpieczeństwa, zarządzania ryzykiem oraz strategii obronnych. Odpowiednie zrozumienie zagrożeń i skuteczne reagowanie na nie wymaga współpracy międzynarodowej, innowacji technologicznej, a także ciągłego doskonalenia umiejętności i narzędzi obronnych. Niniejsza praca stanowi zatem wkład w dyskusję na temat bezpieczeństwa cybernetycznego w Europie Środkowo-Wschodniej oraz może przyczynić się do opracowania bardziej efektywnych strategii obronnych i polityk bezpieczeństwa.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonego badania, obejmującego analizę działań wybranych grup APT w ostatnich latach w Europie Środkowo-Wschodniej, które miały znaczący wpływ na szeroko rozumiane społeczeństwo. Skoncentrowano się przede wszystkim na przedstawieniu grupy APT o nazwie Sandworm, prowadzonych przez nią kampaniach i stosowanych metodach, typowych dla cyberprzestępczości, oraz na identyfikacji obszarów wymagających wzmocnienia ochrony. Kluczowe pytanie badawcze brzmi: Jakie skutki mogą wynikać z prowadzonej działalności przez grupy *Advanced Persistent Threat*?

W podjętym badaniu połączono kilka metod: studia przypadków, analizę złośliwych dokumentów, sumy kontrolne oraz wykorzystanie różnych dokumentów pochodzących od firm specjalizujących się w dziedzinie cyberbezpieczeństwa.

2. Definicja zagrożeń cybernetycznych

Cyberbezpieczeństwo, znane również jako bezpieczeństwo informatyczne, to obszar nauki zajmujący się ochroną systemów informatycznych, sieci komputerowych, danych elektronicznych oraz infrastruktury cyfrowej przed atakami, nieautoryzowanym dostępem, utratą poufności, niszczeniem lub kradzieżą informacji (Cisa, b.d.). Celem cyberbezpieczeństwa jest zapewnienie integralności, dostępności i poufności danych, a także zabezpieczenie systemów przed wszelkimi zagrożeniami związanymi z przestrzenią cybernetyczną (Wikipedia, 2023).

Zagrożenie cybernetyczne określa się jako m.in. „działanie, które może skutkować nieautoryzowanym dostępem, wyciekami, manipulacją lub naruszeniem integralności, poufności lub dostępności systemu informatycznego lub informacji przechowywanych, przetwarzanych lub przesyłanych przez system informacyjny” (National Institute of Standards and Technology, b.d.).

Według kryterium podziału sposobu przeprowadzenia ataku wyróżnia się następujące główne kategorie zagrożeń cybernetycznych (Cisco, 2018):

- złośliwe oprogramowanie (*malware*) – obejmuje m.in.: wirusy, trojany, robaki komputerowe i *ransomware*, które infiltrują systemy w celu zniszczenia, zakłócenia lub kradzieży danych;
- ataki hackerskie – polegają na nieautoryzowanym dostępie do systemów komputerowych, sieci czy baz danych w celu kradzieży informacji, zakłócenia działania systemów lub ich zniszczenia;
- *phishing* – wysyłanie fałszywych wiadomości;
- ataki odmowy dostępu – obejmują przeciążanie systemu czy serwera dużą liczbą żądań, uniemożliwiając normalne funkcjonowanie usługi lub dostępu do zasobów;
- ataki na systemy IoT (*Internet of Things*) – cyberprzestępcy mogą celować w urządzenia związane z Internetem, takie jak kamery, urządzenia domowe czy samochody, aby przejąć kontrolę nad nimi lub wykorzystać do szkodliwych działań;
- ataki na aplikacje internetowe – polegają na wykorzystywaniu podatności w oprogramowaniu internetowym do nieautoryzowanego dostępu do danych czy naruszenia prywatności użytkowników;
- zagrożenia związane z socjotechniką – atakujący wykorzystują manipulację psychologiczną, np. poprzez inżynierię społeczną, aby oszukać użytkowników i zdobyć poufne informacje;
- zagrożenia związane z nieaktualnym oprogramowaniem: ataki na podatności w systemach lub aplikacjach, które nie zostały zaktualizowane, aby wykorzystać słabe punkty w zabezpieczeniach.

Najpopularniejszą metodą dostarczenia złośliwego oprogramowania jest *phishing*. Polega on na wysłaniu wiadomości e-mail do użytkowników w celu nakłonienia ich do ujawnienia danych osobowych lub kliknięcia łącza. Atak phishingowy często kieruje użytkownika na złośliwą stronę internetową, która przedstawia się użytkownikowi jako legalna witryna oraz używa elementów socjotechniki (Trendmicro, 2016).

Podsumowując, zagrożenia cybernetyczne występują w wielu formach, a każda z nich niesie specyficzne ryzyko dla systemów informatycznych. Różnorodność tych zagrożeń sprawia, że są one trudne do przewidzenia i zwalczania. Zrozumienie typologii zagrożeń jest kluczowe dla oceny ryzyka i skutecznego reagowania na incydenty cybernetyczne.

3. Rodzaje aktorów zagrożeń oraz definicja i charakterystyka działania grup *Advanced Persistent Threat*

Aktorami zagrożeń są osoby, grupy lub organizacje odpowiedzialne za szeroko rozumiane szkodliwe działania. Motywowani są często zyskiem finansowym, korzyściami politycznymi lub po prostu chęcią wyrządzenia szkody (Gibson, 2017, s. 22). Dzięki zrozumieniu koncepcji aktorów zagrożeń organizacje i jednostki mogą być bardziej świadome i lepiej przygotowane do obrony przed złośliwymi atakami.

Wyróżniamy następujące rodzaje aktorów (Gibson, 2017, s. 23):

- aktorzy państwowi – finansują ich rządy państw, związani są z wieloma atakami zwłaszcza na systemy krytyczne, takie jak energetyka czy bankowość. Cele aktorów państwowych to głównie szpiegostwo i uzyskanie przewagi strategicznej, ale także cele czysto komercyjnie. Niektóre państwa sponsorują wiele grup przeciwników, a te grupy mogą mieć różne dążenia, zasoby i stopnie współpracy między sobą (Cisa, b.d.);
- przestępczość zorganizowana – wielu krajach cyberprzestępczość przewyższa pospolite przestępstwa zarówno pod względem liczby incydentów, jak i strat. Grupa przestępczości zorganizowanej może działać w poza strefą jurysdykcji, której podlega, co zwiększa złożoność procesu sądowego. Przestępczość zorganizowana wykorzystuje każdą okazję do osiągnięcia zysków, a jej typowymi działaniami są oszustwa finansowe przeciwko jednostkom i firmom oraz szantaż (McAfee, 2021);
- Haktywiści – mogą próbować pozyskać i ujawnić poufne informacje publicznie, przeprowadzać ataki typu „odmowa usługi” (ang. *distributed denial of service* – DDoS) lub dokonywać ataków typu *defacement* na strony internetowe. Najbardziej narażone na ataki tych grup są instytucje i firmy działające we wrogim kraju. Atakowane są podmioty z sektora politycznego, medialnego i finansowego, a także krytyczna infrastruktura państwa. Grupy hakiwistyczne, takie jak Anonymous Russia (Radware, 2024), Killnet (Avertium, 2022) czy NoName057(16) (Watt, 2024), wykorzystują cyberbronie do promowania agendy politycznej;
- *Script Kiddie* – jest to osoba korzystająca z narzędzi hakerskich, niekoniecznie rozumiejąca ich działanie ani nieposiadająca zdolności do tworzenia nowych ataków. Ataki ze strony *Script Kiddie* mogą nie mieć konkretnego celu poza zdobyciem uwagi lub udowodnieniem umiejętności technicznych. Mimo to przeprowadzane przez takie osoby działania mogą wyrządzać znaczne szkody, jeżeli cel ataków nie jest odpowiednio zabezpieczony (Okta, 2024).

Termin *Advanced Packaging Tool* pierwotnie odnosił się do grupy stojącej za kampanią, ale znaczenie tego wyrażenia zostało rozszerzone na narzędzia przez nią wykorzystywane. Taka koncepcja pomaga lepiej modelować zagrożenia. Natomiast ataki APT są zazwyczaj wymierzone w duże organizacje, takie jak instytucje finansowe, firmy w służbie zdrowia i inne, które przechowują duże liczby poufnych danych

osobowych, szczególnie gdy te informacje dotyczą ważnych osobistości w państwie, jak chociażby polityków (Marchant, 2023).

Grupy APT wyróżniają się zestawem cech definiujących, które odróżniają je od innych rodzajów zagrożeń cyberbezpieczeństwa. Zrozumienie tych podstawowych cech ma kluczowe znaczenie dla dokładnej identyfikacji grupy APT i odróżnienia jej od innych rodzajów cyberataków.

Dzięki różnym metodom analiz działań grup cyberprzestępczych, ich infrastruktury i indykatorów kompromitacji, analitycy dokonują atrybucji ataków do danej grupy. Wiodące firmy w zakresie analiz cyberzagrożeń mają różne nazewnictwa grup, np. w nomenklaturze firmy CrowdStrike określenie „BEAR” reprezentuje Rosję, „CHOLLIMA” – Koreę Północną, „PANDA” – Chiny, „KITTEN” – Irak, a nazwa „SPIDER” jest używana, gdy dana grupa nie ma wsparcia rządowego. Z kolei Microsoft dla grup z Rosji używa określenia „Blizzard”, dla grup z Chin – „Typhoon” itd. Ta różnica w nazewnictwie wynika z różnych danych, które obsługują te przedsiębiorstwa (CrowdStrike, 2024).

W przypadku uniwersalnego systemu nazewnictwa grupa, która nie została jeszcze oficjalnie zidentyfikowana, jak APT1 lub APT37, może zostać błędnie przypisana do innej grupy. Mając osobne nazewnictwo, mimo że bywa ono uciążliwe dla badaczy ze względu na sporą liczbę nazw dla jednej grupy atakujących, jest ona opisywana z większą rzetelnością na podstawie dostępnych danych i analiz (Poireault, 2023).

Podsumowując, grupy APT stanowią zaawansowane i długotrwałe zagrożenia, które często mają strategiczne cele dyktowane przez stojące za nimi państwa. Aktorzy zagrożeń cybernetycznych różnią się pod względem motywacji i metod działania, co sprawia, że stanowią poważne wyzwanie dla bezpieczeństwa informatycznego. Zrozumienie tych zagrożeń jest kluczowe dla skutecznego przeciwdziałania ich wpływowi.

4. Charakterystyka grupy Sandworm

Sandworm to rosyjska grupa APT, która jest przypisywana Głównemu Zarządowi Sztabu Generalnego Sił Zbrojnych Federacji Rosyjskiej (GRU). Jest ona określona również takimi nazwami, jak: Blue Echidna, ELECTRUM, FROZENBARENTS, G0034, IRIDIUM, IRON VIKING, Quedagh, Seashell Blizzard, TEMP.Noble, TeleBots, UAC-0113, VODOO BEAR (Malpedia, 2024). Działając od co najmniej 2011 roku, grupa prowadzi operacje głównie w celach szpiegostwa, dezinformacji i destrukcji. Cyberoperacje związane z GRU są często kojarzone z Jednostką Wojskową 74455, znaną również jako Główne Centrum Technologii Specjalnych (Malpedia, 2024).

Zasadniczym celem działań Sandworm, według oceny badaczy, jest przyczynianie się do operacji mających na celu degradację, delegitymizację lub wpływanie na zaufanie publiczne do instytucji państwowych i sektorów przemysłowych w krajach docelowych.

Sandworm brał udział w atakach destrukcyjnych i zakłócających przeciwko celom na Ukrainie zwłaszcza pomiędzy 2015 a 2017 rokiem oraz od lutego 2022 roku. Publiczne oskarżenia ze strony rządu USA łączą operatorów Sandworm z operacjami intruzji wobec wyborów stanowych w USA w 2016 roku, a także wsparciem publicznego rozpowszechniania poufnych danych uzyskanych poprzez kompromitację międzynarodowych organizacji sportowych (Departament of Justice, 2020).

Sandworm wspiera również z wysokim prawdopodobieństwem rozpowszechnianie danych uzyskanych w ramach innych kampanii cybernetycznych prowadzonych przez GRU, stosując różne pozorne atrybucje. APT brała również udział w atakach zakłócających, w tym atakach rozproszonych w usłudze odmowy dostępu (DDoS) wymierzonych w ukraińskie instytucje finansowe w listopadzie 2016 roku oraz w naruszaniu stron internetowych Gruzji w październiku 2019 (Pompeo, 2020).

Operacje grupy Sandworm obejmują dostosowane warianty powszechnie używanych złośliwych programów, zaawansowane specjalnie opracowane złośliwe oprogramowanie z możliwościami destrukcyjnymi (np.: Industroyer, NotPetya, BadRabbit, OlympicDestroyer) oraz nowatorskie taktyki instalacji początkowego ładunku. W ramach strategii dezinformacji niektóre narzędzia używane przez Sandworm zawierają fałszywe wskazania pochodzenia kryminalnego, takie jak maskowanie się jako *ransomware* lub inne zasadzone artefakty techniczne mające utrudnić dokładną atrybucję (Hultquist, 2022).

Podsumowując, grupa Sandworm jest znana z wielu sposobów zaawansowanych ataków cybernetycznych. Jest uważana za jedną z najbardziej aktywnych grup APT związanych z rosyjskimi interesami. Jej działania skupiają się na celach o strategicznym znaczeniu, takich jak infrastruktura energetyczna i polityczne instytucje. Sandworm jest znana z wykorzystania zaawansowanych narzędzi i technik, w tym złośliwego oprogramowania. Jej operacje cechuje wysoki poziom złożoności i skoordynowania, co czyni je trudnymi do wykrycia przez systemy bezpieczeństwa.

5. Analiza działalności grupy Sandworm

W niniejszym punkcie chronologicznie uporządkowano ataki oraz kampanie grupy Sandworm wraz z omówieniem narzędzi stosowanych przez atakujących i etapach ich rozwoju, przeprowadzono analizę pozyskanych plików zawierających złośliwe oprogramowanie, a także przedstawiono motywacje, cele i techniki działania grupy wraz z geopolitycznym tłem.

Nazwa grupy wzięła się z analizy dokumentu Powerpoint zawierającego lukę *zero-day* w 2014 roku. Luka tego typu jest określeniem branżowym i oznacza ukrytą lukę w zabezpieczeniach oprogramowania, o której nie wie firma tworząca i utrzymująca oprogramowanie. Podmiot odpowiadający za oprogramowanie ma w zasadzie „zero dni” na reakcję i opublikowanie aktualizacji w celu ochrony użytkowników.

Sama prezentacja zawierała jeden slajd z tłem w kolorach ukraińskiej flagi, na którym znajdowało się wiele nazwisk rzekomych terrorystów – osób, które stanęły

po stronie rosyjskiej w toczącym się konflikcie. Antyrosyjska treść miała na celu przykucie uwagi potencjalnej ofiary. Po otwarciu załącznika następowała infekcja znanym w środowisku hakerskim złośliwym oprogramowaniem BlackEnergy.

Analiza kodu i przebiegu infekcji dokumentu Powerpoint pozwoliła badaczom z firmy iSight na odnalezienie klucza deszyfrującego kod programu, a kolejne tygodnie ciężkiej pracy odkryły konfigurację złośliwego oprogramowania. Zawierała ona kod kampanii i tag związany z wersją BlackEnergy – „arrakis02”. Zwrot pochodził z powieści *science fiction* Franka Herberta *Diuna*. Analiza kolejnych próbek znalezionych na stronie Virustotal pozwoliła na odkrycie kolejnych nawiązań do powieści, a także treści dokumentów, które – jak się okazało – nie były rozsyłane wyłącznie na Ukrainie. Jeden z dokumentów dotyczył wydarzenia związanego z NATO, które odbywało się na Słowacji, inny dotyczył międzynarodowego spotkania w Walii, na którym miano omawiać aktualną sytuację Ukrainy, a jeszcze inny skierowany został do polskiej firmy energetycznej (Ward, 2014).

W dniu 23 grudnia 2015 roku Prykarpattyaoblenergo, firma dostarczająca energię w zachodniej części Ukrainy, w regionie Iwano-Frankiwnsk, padła ofiarą ataku cybernetycznego, który spowodował przerwę w dostawie prądu w regionie. Tego samego dnia przedsiębiorstwo Kyivoblenergo, inny ukraiński dostawca energii, potwierdziło, że cybernetyczne włamanie do systemów kontrolnych spowodowało przerwę w dostawie prądu w ich sieci. Tego typu atak był zgodny z charakterystyką działań grupy APT Sandworm (Greenberg, 2021, s. 76-78).

Po niszczycielskich atakach w grudniu zaobserwowano serię wiadomości phishingowych skierowanych przeciwko ukraińskim podmiotom z sektora rządowego i energetycznego, w tym organizacjom, na które wcześniej miały wpływ operacje z oprogramowaniem wymazującym dane. Treść tych wiadomości była związana z planowaniem w sektorze energetycznym, a każda z nich zawierała załączony złośliwy dokument Microsoft Office, który zawierał osadzony makroskrypt uruchamiający instancję BlackEnergy. Była to ta sama technika, którą używano w atakach na sektor energetyczny (Trendmicro, 2016).

Od czasu tej zmiany nie zaobserwowano nowych kopii BlackEnergy, natomiast przez cały 2016 rok zidentyfikowano kolejne wersje GCat¹ wdrażane przez ten sam skrypt makr ukryty w złośliwych dokumentach.

Podejrzewa się, że zmiana narzędzi i złośliwego oprogramowania była częścią reorganizacji aktora w związku z przykuciem uwagi międzynarodowych mediów szczególnie po atakach na Ukrainę w 2015 roku. Do prowadzenia kolejnych destrukcyjnych i dezinformacyjnych działań grupa potrzebowała nowych narzędzi, których nie dało się przypisać Rosji, a które mogłyby celowo wprowadzać w błąd analityków cyberzagrożeń podczas analizy programów. Dlatego użycie narzędzia publicznie dostępnego i przerobienie go miało łączyć atakujących ze zwykłymi cyberprzestępcami lub grupą rosyjskich hakywistów. Złośliwe oprogramowanie BlackEnergy za bardzo

¹ Zob. <https://github.com/byt3bl33d3r/gcat>

kojarzono medialnie i politycznie z działalnością GRU i to zapewne było jednym z powodów odstąpienia od używania go. Dodatkowo firmy w Ukrainie korzystały z analiz zagranicznych analityków, a stworzone przez nich kolejne reguły antymalware pozwalały coraz lepiej wykrywać BlackEnergy mimo zmieniających się wersji oprogramowania.

Między styczniem a marcem 2017 roku Sandworm z dużym prawdopodobieństwem wykorzystywał skrypt Microsoft Visual Basic Script (VBS) w celu uzyskania początkowego dostępu do zainfekowanych systemów. Artefakty techniczne w analizowanym dokumencie o sumie kontrolnej MD5:

c478ca76cd80fe2e82bcb0c40ba00ac8²

wskazują, że ten *backdoor* prawdopodobnie był używany w kampanii przeciwko ukraińskiej instytucji finansowej. Został on zaprojektowany w celu zapewnienia początkowego przyczółku dla atakujących i wsparcia lateral movementu. W ramach trwających działań operacyjnych grupa atakowała również łańcuchy dostaw ukraińskich instytucji państwowych.

Począwszy od 18 maja 2017 roku, odnotowano infekcje ukraińskich systemów przez złośliwe oprogramowanie ransomware o nazwie XDATA za pośrednictwem nieznanego wektora infekcji. Późniejsze dochodzenia wykazały, że infekcja rozprzestrzeniała się poprzez aktualizacje ukraińskiego oprogramowania M.E. Doc (Greenberg, 2021, s. 221).

W dniu 27 czerwca 2017 roku jedna z firm zajmująca się cyberbezpieczeństwem wydała ostrzeżenie o nowym oprogramowaniu ransomware o nazwie NotPetya, szybko rozprzestrzeniającym się w sieciach z głównym źródłem infekcji na Ukrainie przy użyciu tych samych metod co XDATA. Atak zbiegł się w czasie z ukraińskim świętem – Dniem Konstytucji, który został prawdopodobnie wybrany przez atakujących z powodu potencjalnie opóźnionego czasu reakcji ze strony obrońców sieci, a także w celu wykorzystania psychologicznego wpływu zakłóceń.

Zawieszenie Rosyjskiego Komitetu Olimpijskiego w prawach członka Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego przed zimowymi igrzyskami olimpijskiego w Pyeongchangu w 2018 roku spowodowało międzynarodową aferę. W odwecie Kreml przeprowadził liczne kampanie phishingowe, a następnie podczas ceremonii otwarcia 9 lutego 2018 roku wdrożył złośliwe oprogramowanie, nazwane potem OlympicDestroyer. Destrukcyjne oprogramowanie zawierało wiele wskaźników technicznych, mających na celu zmylenie osób analizujących kod programu i miało nakłonić badaczy do atrybucji OlympicDestroyera do aktorów z Korei Północnej.

W dniu 28 maja 2020 roku amerykańska Agencja Bezpieczeństwa Narodowego (NSA) wydała komunikat opisujący wykorzystanie luki w oprogramowaniu *open-source Exim mail transfer agent* (MTA) przez operatorów z rosyjskiego Głównego

² Zob. <https://www.virustotal.com/gui/file/587b6377a3e069c1f399cb480729bbc70665cdd25af95f859f4b0a767463b3d3/detection>

Zarządu Wywiadowczego od co najmniej sierpnia 2019 roku. W raporcie wyraźnie przypisano działania wykorzystujące tę konkretną lukę w zabezpieczeniach (CVE-2019-10149) do Głównego Centrum Technologii Specjalnych GRU, znanego szerzej jako Jednostka GRU 74455, którą badacze cyberbezpieczeństwa łączą z grupą Sandworm (National Security Agency, 2020).

W dniu 6 marca 2022 roku do repozytorium Virustotal została przesłana próbka złośliwego oprogramowania HermeticWizard – robaka, który propagował DriveSlayer, destrukcyjnego wipera wdrożonego w kilku ukraińskich podmiotach przed rosyjską inwazją na Ukrainę 24 lutego 2022 roku.

Zaawansowanie techniczne, ukierunkowanie, wpływ psychologiczny i wysoko-poziomowe techniki HermeticWizard i DriveSlayer są podobne do wcześniejszych operacji przypisywanych grupie Sandworm.

HermeticWizard został celowo zaprojektowany tak, aby ograniczyć jego rozprzestrzenianie się do sieci lokalnej, ograniczając infekcje głównie do Ukrainy. Kontrastuje to z oprogramowaniem NotPetya, którego infekcja rozpoczęła się na Ukrainie, ale szybko rozprzestrzeniła się w sieciach międzynarodowych.

Zespół Reagowania na Incydenty Komputerowe Ukrainy (CERT-UA) 12 kwietnia 2022 roku wydał oświadczenie, identyfikując nowe ataki wymierzone w ukraiński sektor energetyczny z operacjami grupy Sandworm. Ataki te obejmowały nowy wariant złośliwego oprogramowania zbudowanego dla systemu Windows, który został wykorzystany do ataku na ukraińskiego dostawcę energii w 2016 roku – znany również jako Industroyer lub CrashOverride. Nowy wariant oprogramowania składał się z pojedynczego pliku binarnego, który w dużym stopniu przypominał jeden z modułów z oryginalnego ataku z 2016 roku i zawierał zakodowaną na stałe konfigurację (CERT-UA, 2022).

Podsumowując przeprowadzoną analizę działalności grupy Sandworm, można stwierdzić, że jest to zaawansowana cyberjednostka, której funkcjonowanie jest powiązane z rosyjską służbą wywiadowczą GRU. Grupa założyła z przeprowadzania destrukcyjnych cyberataków na różne cele na całym świecie. Najbardziej znane operacje obejmują atak na ukraińską sieć energetyczną w 2015 roku, który spowodował przerwy w dostawach prądu dla setek tysięcy ludzi, oraz operację NotPetya w 2017 roku, która miała katastrofalne skutki dla wielu globalnych przedsiębiorstw, powodując miliardowe straty. Grupa jest także powiązana z atakami na infrastrukturę informatyczną igrzysk olimpijskich w Pjongczangu w 2018 roku oraz wieloma innymi atakami na sektory rządowe, finansowe i energetyczne w różnych krajach. Działania Sandwormu są często interpretowane jako element cyberwojny hybrydowej, mającej na celu destabilizację przeciwników Rosji oraz wywołanie chaosu na arenie międzynarodowej.

6. Skutki działalności grupy Sandworm

Przeprowadzana analiza działalności badanej grupy pokazuje wykorzystanie cyberataków do procesu destabilizacji politycznej w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Krajem wymagającym szczególnej uwagi jest Ukraina, która była i nadal jest wykorzystywana jako poligon doświadczalny dla rosyjskich i białoruskich grup. Właśnie tam wykorzystują one nowe narzędzia i techniki na podatnych systemach informatycznych, a przy okazji sprawdzają integralność Unii Europejskiej, jak i NATO w kontekście reakcji na ataki, dostarczając cennej wiedzy wywiadowi własnych państw. Do osiągnięcia tych celów wykorzystywane są coraz bardziej złożone metody ataków, a także wyszkolony personel związany z państwowymi służbami.

Skutki działalności grupy Sandworm mają zdecydowanie znaczący wpływ na bezpieczeństwo i stabilność w Europie Środkowo-Wschodniej. Są one następujące:

1. Naruszenie Bezpieczeństwa Narodowego – ataki grup APT mogą prowadzić do poważnych naruszeń bezpieczeństwa narodowego, zwłaszcza jeśli są one powiązane z państwowymi instytucjami czy krytyczną infrastrukturą, taką jak sektor energetyczny czy komunikacyjny. Wdrażając swoje zaawansowane techniki, grupy te mogą zagrażać suwerenności państw i ich zdolności do obrony.
2. Szpiegostwo przemysłowe – działania grup APT mogą prowadzić do kradzieży poufnych danych, technologii i informacji handlowych, co z kolei może prowadzić do znaczących strat finansowych oraz utraty konkurencyjności firm i branż.
3. Destabilizacja polityczna – ataki grup APT mogą mieć na celu destabilizację polityczną w regionie poprzez manipulację informacjami, dezinformację oraz ingerencję w procesy demokratyczne. Wykorzystując cyberprzestrzeń do propagowania fałszywych narracji, mogą podsycić konflikty i napięcia społeczne.
4. Usługi dla państw sponsora – grupy APT często działają na zlecenie państw-aktorów, które wykorzystują je do realizacji swoich politycznych, militarnych czy gospodarczych celów. Działając jako narzędzia agresji hybrydowej, mogą prowadzić ataki w ramach szerszych kampanii wpływu.
5. Wzrost kosztów obrony – działalność grup APT wymusza na państwach oraz firmach zwiększone wydatki na obronę cybernetyczną. Wdrażanie zaawansowanych narzędzi, szkolenie personelu oraz stała aktualizacja zabezpieczeń stają się niezbędne dla zachowania odporności na tego typu zagrożenia.
6. Utrata zaufania społecznego – ataki grup APT mogą prowadzić do utraty zaufania społecznego do instytucji, organizacji i technologii cyfrowych. Poczucie bezpieczeństwa jednostek i podmiotów gospodarczych może zostać naruszone, co z kolei wpływa na funkcjonowanie społeczeństwa oraz gospodarki.

Wnioski płynące z przeprowadzonej analizy działalności badanej grupy APT wskazują na konieczność zwiększenia świadomości oraz wzmocnienia obronności w Europie Środkowo-Wschodniej. Wdrażanie kompleksowych strategii bezpieczeństwa cybernetycznego, współpraca międzynarodowa oraz inwestycje w nowoczesne technologie są kluczowe dla zapewnienia odporności na ataki grup APT

i zachowania bezpieczeństwa w regionie. Ponadto analiza ta podkreśla konieczność dalszych badań nad metodami i strategiami działania grup APT oraz adaptacji obronnych środków w celu skuteczniejszego przeciwdziałania temu typowi zagrożeń w przyszłości.

7. Zakończenie

W niniejszym artykule dokonano szczegółowej analizy ataków grup APT w Europie Środkowo-Wschodniej ze szczególnym uwzględnieniem działania rosyjskiej grupy Sandworm. Analizując te zagrożenia, zidentyfikowano ich charakterystyczne cechy, sposoby działania oraz konsekwencje dla regionu. Wyniki przeprowadzonego badania pozwalają na lepsze zrozumienie mechanizmów, jakimi posługują się cyberprzestępcy, oraz identyfikację obszarów wymagających wzmocnienia ochrony.

Analiza działań grup takich jak Sandworm pokazuje, że cyberataki mogą być elementem większej strategii konfliktu hybrydowego, w którym cyberoperacje są połączone z innymi formami agresji – dezinformacją lub wojną informacyjną. To zwraca uwagę na potrzebę rozwoju koncepcji i teorii dotyczących zagrożeń hybrydowych.

Aby zrozumieć pełny kontekst badania i jego wpływów na dalsze prace naukowe warto przedstawić potencjalne ograniczenia bieżących, jak i przyszłych badań. W przypadku badania działań grup *Advanced Persistent Threat*, jak Sandworm, uzyskanie pełnych informacji na temat ich operacji jest niezwykle trudne. Działania te są przeważnie utajnione, co może prowadzić do niepełnych i błędnych wniosków. Informacje o działalności grup często pochodzą z raportów komercyjnych firm zajmujących się cyberbezpieczeństwem, które mogą mieć własne interesy w przedstawianiu swoich odkryć, co może wprowadzać błąd w interpretacji danych. Raporty mogą być również bazowane na przypuszczeniach, a nie twardych faktach. Warto również wspomnieć o dynamice zagrożeń cybernetycznych, która jest wyjątkowo zmienna. Narzędzia, taktyki i techniki grup mogą się bardzo szybko zmieniać w czasie, a więc wnioski wyciągnięte z badania mogą stać się szybko nieaktualne oraz nie odzwierciedlać bieżącego stanu zagrożenia.

Jednym z kluczowych wniosków płynących z tej pracy jest konieczność zacieśnienia współpracy międzynarodowej w dziedzinie cyberbezpieczeństwa. Ataki grup APT, tak jak całe cyberbezpieczeństwo, nie znają granic państwowych, dlatego też efektywna obrona wymaga wspólnych działań i wymiany informacji pomiędzy krajami. Dalsze inwestycje w rozwój mechanizmów detekcji i reagowania na ataki oraz szkolenie personelu odpowiedzialnego za bezpieczeństwo informatyczne są niezbędne dla zwiększenia odporności regionu na tego typu zagrożenia.

Należy również podkreślić rolę edukacji i świadomości cyberbezpieczeństwa w społeczeństwie. Wiedza o potencjalnych zagrożeniach oraz umiejętność rozpoznawania ich może znacząco zmniejszyć ryzyko udanego ataku grupy APT. W związ-

ku z tym należy kontynuować kampanie informacyjne oraz szkolenia adresowane do różnych grup społecznych, aby podnieść poziom świadomości i umiejętności w zakresie ochrony danych i systemów informatycznych.

Perspektywy na przyszłość obejmują dalsze badania nad ewolucją technik i narzędzi stosowanych przez grupy APT oraz opracowanie skuteczniejszych strategii obronnych. Konieczne jest również monitorowanie sytuacji geopolitycznej, która może wpływać na dynamikę cyberkonfliktów w regionie. Tylko poprzez stałą analizę i adaptację strategii obronnych da się skutecznie przeciwdziałać zagrożeniom ze strony grup APT oraz utrzymać bezpieczeństwo cyfrowe w Europie Środkowo-Wschodniej.

Wnioski wyływające z tej pracy stanowią istotny wkład w dyskusję na temat bezpieczeństwa cybernetycznego w regionie. W rezultacie skuteczna obrona przed atakami grup APT wymaga współpracy, innowacji i zaangażowania ze strony zarówno sektora publicznego, jak i prywatnego. Jednakże, wraz z rozwojem technologicznym i ewolucją zagrożeń, konieczne będzie ciągłe doskonalenie strategii i narzędzi obronnych, aby dotrzymać tempa dynamicznie zmieniającemu się krajobrazowi zagrożeń.

Literatura

- Avertium. (2022, 18 października). *An In-Depth Look at Russian Threat Actor, Killnet*. Avertium.com. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.avertium.com/resources/threat-reports/an-in-depth-look-at-russian-threat-actor-killnet>
- CERT-UA. (2022). *Кібератака групи Sandworm (UAC-0082) на об'єкти енергетики України з використанням шкідливих програм INDUSTROYER2 та CADDYWIPER (CERT-UA#4435)*. Cert.gov.ua. Pobrano 16 lutego 2024 z <https://cert.gov.ua/article/39518>
- Cisa. (2021, 1 lutego). *What is Cybersecurity?* America's Cyber Defence Agency. Cisa.gov. Pobrano 13 stycznia 2024 z <https://www.cisa.gov/news-events/news/what-cybersecurity>
- Cisa. (b.d.). *Nation-State Cyber Actors*. America's Cyber Defence Agency. Cisa.gov. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.cisa.gov/topics/cyber-threats-and-advisories/nation-state-cyber-actors>
- Cisco. (2018). *What Is a Cyberattack?* Cisco.com. obrano 24 stycznia 2024 z <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/common-cyberattacks.html>
- CrowdStrike. (2024). *Global Threat Landscape*. CrowdStrike.com. Pobrano z <https://www.crowdstrike.com/adversaries/>
- Department of Justice. (2020, 19 października). *Six Russian GRU Officers Charged in Connection with Worldwide Deployment of Destructive Malware and Other Disruptive Actions in Cyberspace*. Justice.gov. Pobrano 10 stycznia 2024 z <https://www.justice.gov/opa/pr/six-russian-gru-officers-charged-connection-worldwide-deployment-destructive-malware-and>
- Github. (b.d.). *Gcat*. Github.com. Pobrano 17 stycznia 2024 z <https://github.com/byt3bl33d3r/gcat>
- Gibson, D. (2017). *CompTIA Security+: Get Certified Get Ahead*. YCDA LLC.
- Greenberg, A. (2021). *Sandworm. Nowa era cyberwojny i polowanie na najbardziej niebezpiecznych hakerów Kremla*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Hultquist, J. (2022, 7 stycznia). *Sandworm Team and the Ukrainian Power Authority Attacks*. Mandiant.com. Pobrano 10 stycznia 2024 z <https://www.mandiant.com/resources/blog/ukraine-and-sandworm-team>

- Malpedia. (2024). *Sandworm*. Pobrano 10 stycznia 2024 z <https://malpedia.caad.fkie.fraunhofer.de/actor/sandworm>
- Marchant, G. (2023). *The Official CompTIA CySA+ Student Guide*. CompTIA.
- McAfee. (2021). *Organized Cybercrime: The Big Business Behind Hacks and Attacks*. McAfee.com. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.mcafee.com/blogs/internet-security/organized-cybercrime-the-big-business-behind-hacks-and-attacks/>
- National Institute of Standards and Technology. (b.d.). *Cyber Threat*. Csrc.nist.gov. Pobrano 14 stycznia 2024 z https://csrc.nist.gov/glossary/term/cyber_threat
- National Security Agency. (2020, 28 maja). *Sandworm Actors Exploiting Vulnerability in Exim Mail Transfer Agent*. Media.defense.gov. Pobrano 16 lutego 2024 z <https://media.defense.gov/2020/May/28/2002306626/-1/-1/0/CSA%20Sandworm%20Actors%20Exploiting%20Vulnerability%20in%20Exim%20Transfer%20Agent%2020200528.pdf>
- Okta. (2024, 9 lutego). *Script Kiddies and Skiddies: Identifying Unskilled Hackers*. Okta.com. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.okta.com/identity-101/script-kiddie/>
- Poireault, K. (2023, 5 maja). *What's in a Name? Understanding Threat Actor Naming Conventions*, infosecurityeurope.com. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.infosecurityeurope.com/en-gb/blog/threat-vectors/understanding-threat-actor-naming-conventions.html>
- Pompeo, M. (2020, 20 lutego). *The United States Condemns Russian Cyber Attack Against the Country of Georgia*. State.gov. Pobrano 10 stycznia 2024 z <https://2017-2021.state.gov/the-united-states-condemns-russian-cyber-attack-against-the-country-of-georgia/>
- Radware. (2023). *Anonymous Russia*. Radware.com Pobrano 18 września 2024 z <https://www.radware.com/cyberpedia/ddos-attacks/anonymous-russia/>
- Trendmicro. (2016, 6 stycznia). *First Malware-Driven Power Outage Reported in Ukraine*. Trendmicro.com. Pobrano 16 lutego 2024 z <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/cyber-attacks/first-malware-driven-power-outage-reported-in-ukraine>
- Ward, S. (2014, 14 października). *iSIGHT Discovers Zero-Day Vulnerability CVE-2014-4114 Used in Russian Cyber-Espionage Campaign*. Isightpartners.com. Pobrano 15 stycznia 2024 <https://web.archive.org/web/20160211122039/http://www.isightpartners.com/2014/10/cve-2014-4114/>
- Watt, C. (2024, 18 kwietnia). *Threat Intelligence NoName057(16) Threat Actor Profile*. Quorum Cyber. Pobrano 18 września 2024 z <https://www.quorumcyber.com/wp-content/uploads/2024/04/TI-NoName057-Threat-Actor-Profile-1.pdf>
- Wikipedia. (2023). *Cyberprzestrzeń*. Wikipedia.pl. Pobrano 14 stycznia 2024 z <https://pl.wikipedia.org/wiki/Cyberprzestrze%C5%84>

Cybersecurity Threat in Central and Eastern Europe Linked to the Activities of the Advanced Persistent Threat Sandworm Group

Abstract: This article focuses on the activities of Advanced Persistent Threat (APT) groups and their huge impact on the cybersecurity threat in Central and Eastern Europe. It defines current security threats and classifies the types of actors, including APT groups. The Advanced Persistent Threat group Sandworm and its operation in Central and Eastern Europe are analysed in detail, along with the course of action and its impact on the Central and Eastern European region.

Keywords: cybersecurity, APT, Central and Eastern Europe, malware, Sandworm

Filip Brzezicki

e-mail: 183950@student.ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0002-9911-7032

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Podejście do oceny zastosowania gamifikacji w aplikacjach do nauki języków obcych

DOI: 10.15611/2024.80.2.03

JEL Classification: O30, Y90

@ 2024 Filip Brzezicki

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Brzezicki, F. (2024). Podejście do oceny zastosowania gamifikacji w aplikacjach do nauki języków obcych. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 36-47). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Gamifikacja to czynnik mogący zwiększyć zaangażowanie i motywację użytkowników aplikacji do nauki języków obcych. Celem badania była ocena wybranych aplikacji pod kątem gamifikacji oraz ewaluacja skuteczności zastosowanej w tym celu listy kontrolnej. Aplikacje testowano zgodnie z metodą wędrówki poznawczej. Dla każdej aplikacji wskazano wyróżniające ją cechy. Wyniki przeprowadzonej oceny przedstawiono w zbiorczej tabeli. Zastosowaną procedurę badawczą oraz zaproponowaną listę kontrolną można odpowiednio wykorzystać w badaniach nad zastosowaniem gamifikacji w innych aplikacjach, po wprowadzeniu ewentualnych modyfikacji w celu dostosowania do konkretnego przypadku użycia.

Słowa kluczowe: aplikacje, lista kontrolna, gamifikacja, nauka języków, zaangażowanie użytkownika

1. Wstęp

Gamifikacja, czyli stosowanie elementów gier w środowiskach niebędących grami (Lee i Hammer, 2011), szybko rozwija się i zdobywa popularność m.in. w biznesie, edukacji i marketingu. Wraz z coraz większym zainteresowaniem tym zjawiskiem rośnie także liczba badań dotyczących metod stosowania gamifikacji oraz jej efektów.

W niniejszym artykule rozważono problem systematycznego opisywania i oceniania elementów gamifikacji w cyfrowych środowiskach edukacyjnych. Opisano istotę gamifikacji, omówiono opracowaną procedurę badawczą oraz listę kontrolną, scharakteryzowano trzy wybrane do badania aplikacje, a następnie oceniono je pod względem zastosowanych w nich elementów gamifikacji.

Celem badania była odpowiedź na pytania: Jakie elementy gamifikacji są wykorzystywane w aplikacjach do nauki języków? W jaki sposób można rzetelnie ocenić poziom gamifikacji aplikacji? Przeprowadzono ocenę wybranych aplikacji, ewaluację procedury badawczej, a także samej listy kontrolnej, by ustalić, czy może zostać z powodzeniem wykorzystana w kolejnych badaniach dotyczących oceny poziomu gamifikacji w aplikacjach i cyfrowych platformach edukacyjnych.

2. Istota gamifikacji

2.1. Historia gamifikacji

Powstanie terminu „gamifikacja” datuje się na 2002 rok, a jego utworzenie przypisuje się Nickowi Pellingowi, projektantowi gier, który otrzymał zadanie stworzenia inspirowanych grami interfejsów do bankomatów i automatów vendingowych (Christians, 2018).

W artykule opublikowanym na łamach „Academic Exchange Quarterly” termin *gamification* (gamifikacja) zdefiniowany został w następujący sposób: „*the incorporation of game elements into non-game settings*” (Lee i Hammer, 2011), co przetłumaczyć można jako: „włączenie elementów gry do środowiska niebędącego grą”.

W „International Journal of Information Management” przeczytać można, że gamifikacja odnosi się do projektowania systemów informacyjnych w taki sposób, aby zapewniały podobne doświadczenia i motywacje jak gry¹ (Koivisto i Hamari, 2019).

Choć termin „gamifikacja” powstał na początku XXI wieku, przypadki występowania tego zjawiska można było obserwować już ponad sto lat temu. Jednym z przykładów może być wprowadzony w 1908 roku przez Boy Scouts of America (BSA) system odznak, które przyznawane były za określone osiągnięcia (Christians, 2018). Polskimi odpowiednikami BSA są Związek Harcerstwa Polskiego i Związek Harcerstwa Rzeczypospolitej, a osiągnięcia i uzyskiwane za nie odznaki zwane są sprawnościami i funkcjonują na podobnych zasadach. Harcerz bądź skaut wykonuje określone zadanie, np. samotnie spędza noc w lesie lub prezentuje umiejętność rozpoznawania leśnej flory i fauny, za co zdobywa naszywkę na mundurze reprezentującą daną sprawność.

Za istotne wydarzenie w historii gamifikacji uznać można założenie przez Charlesa A. Coonradta firmy The Game of Work w 1973 roku. Usługa świadczona przez Coonradta polegała na wprowadzaniu elementów gamifikacji w innych firmach, co przekładało się na zwiększenie ich wydajności (Coonradt i Nelson, 1984).

¹ „Gamification refers to designing information systems to afford similar experiences and motivations as games do, and consequently, attempting to affect user behavior” (Koivisto & Hamari, 2019).

2.2. Cele stosowania gamifikacji

Przykładowymi celami stosowania gamifikacji mogą być zwiększenie efektywności nauczania w szkole, pomoc w dbaniu o zdrowie czy utrzymanie uwagi użytkownika aplikacji. Gamifikacja pomaga w osiągnięciu tych celów poprzez zwiększenie zaangażowania i motywacji (Hamari i in., 2014; Alsawaier, 2018). Dostępna literatura pozwala także sądzić, że gamifikacja skutkuje lepszymi rezultatami i większą satysfakcją z nauki wśród dzieci neuro różnorodnych i niepełnosprawnych umysłowo (Hussein i in., 2023; Slattery i in., 2023).

Przykładem zastosowania gamifikacji może być wykorzystanie Minecraft: Education Edition, czyli platformy dydaktycznej zapewniającej narzędzia umożliwiające naukę m.in. matematyki i języków obcych (Minecraft Education, 2024), a także ułatwiające nauczycielowi moderowanie lekcji (Andersen i Rustad, 2022). Wykorzystanie znanej i lubianej przez dzieci gry w celach edukacyjnych ma pozytywny wpływ na zaangażowanie uczniów i sprawia, że chętniej biorą aktywny udział w zajęciach (Pusey i Pusey, 2015; Slattery i in., 2023).

3. Cel badania i zastosowana procedura badawcza

Celem badania była ocena i porównanie trzech wybranych aplikacji do nauki języków obcych pod względem poziomu gamifikacji przy użyciu utworzonej na potrzeby badania listy kontrolnej. Celem dodatkowym była ewaluacja zaproponowanej procedury badawczej oraz listy kontrolnej jako podejścia badawczego do wykorzystania w ocenie innych aplikacji ze względu na posiadane elementy gamifikacji.

W przeprowadzonym badaniu zastosowano następującą procedurę badawczą, zawierającą następujące kroki:

1. Opracowanie listy kontrolnej.

Listę kontrolną utworzono w celu ułatwienia rzetelnej i obiektywnej oceny aplikacji oraz czytelnej prezentacji wyników z przeprowadzonej analizy porównawczej. Kryteria wybrano i opisano na podstawie literatury oraz własnych spostrzeżeń.

2. Wybór aplikacji do badania.

Podczas wyboru aplikacji do badań kierowano się opiniami użytkowników, popularnością oraz materiałami marketingowymi. Wybrano trzy aplikacje, które charakteryzowały się wysoką liczbą i średnią ocen, wysoką liczbą pobrań oraz zawarciem w materiałach reklamowych informacji sugerujących wykorzystanie elementów gamifikacji.

3. Poznanie działania wybranych do badania aplikacji.

Nastąpiło poznanie interfejsu oraz korzystanie z dostępnych funkcji, w którego czasie notowano subiektywne odczucia oraz krytyczne uwagi ze szczególnym uwzględnieniem zastosowanych elementów gamifikacji.

4. Użytkowanie wybranych do badania aplikacji jako przeciętny użytkownik. Zgodnie z metodą wędrowki poznawczej przeprowadzono testowanie aplikacji z pozycji eksperta, który realizował typowe dla użytkowników zadania.
5. Ocena każdej z aplikacji według opracowanej listy kontrolnej. Korzystając z zebranej wiedzy, oceniono aplikacje na podstawie ustalonych w liście kontrolnej kryteriów poprzez przyznanie odpowiednich ocen punktowych.
6. Sformułowanie wniosków na podstawie przeprowadzonego badania.
W dalszej części artykułu zostanie opracowana lista kontrolna do oceny aplikacji ze względu na gamifikację.

4. Lista kontrolna

W liście kontrolnej zawarto 15 kryteriów, które opracowano na podstawie publikacji *Capturing the Complexity of Gamification Elements...* (Schöbel i in., 2020) oraz doświadczenia autora. Posłużyły one do przeprowadzenia oceny wybranych do badania aplikacji. W tabeli 1 zawarto wykaz tych kryteriów. Każde z nich krótko opisano. Zgodnie z założeniami listy kontrolnej dla każdego kryterium zaproponowano skalę oceny oraz zakres punktacji (zob. tab. 1).

Skala oceny określa możliwe do uzyskania przez aplikacje oceny dla danego kryterium. Zastosowano następujące skale ocen:

- nie/ tak,
- brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte.

Natomiast punktacja określa, ile punktów aplikacja może uzyskać za dane kryterium. W poszczególnych kryteriach uzależniona jest ona od szacowanej istotności danego elementu w procesie gamifikacji oraz skali oceny. Zastosowano następujące zakresy punktów:

- {0; 1},
- {0; 2},
- {0; 3},
- {0; 1; 2},
- {0; 2; 3}.

Maksymalny możliwy do osiągnięcia wynik w ramach opracowanej listy kontrolnej wynosi 35 punktów.

Tabela 1. Lista kontrolna

Nazwa kryterium	Opis	Skala oceny	Punktacja
1	2	3	4
Punkty	Punkty przyznawane użytkownikowi za wykonywanie określonych zadań.	nie/ tak	{0; 3}

Tabela 1. cd.

1	2	3	4
Oznaki/osiągnięcia	Przyznawanie użytkownikowi symbolicznych odznak lub podobnych nagród za określone osiągnięcia.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Nagradzanie systematyczności	Dodatkowe nagrody za systematyczną naukę.	nie/ tak	{0; 2}
Rankingi	Rankingi użytkowników spędzających najwięcej czasu na nauce, zdobywających najwięcej punktów lub osiągających największe postępy.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Wizualna reprezentacja postępu	Paski postępu, wykresy, diagramy.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Poziomy użytkownika	Wyrażone liczbą lub tytułem poziomy osiągnięcia przez użytkowników po zdobyciu odpowiednich progów punktowych lub postępu w kursach.	nie/ tak	{0; 2}
Wirtualne przedmioty	Możliwe do zdobycia przedmioty posiadające zastosowanie w aplikacji (np. dające drugą szansę na rozwiązanie zadania).	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Awatar użytkownika	Wizualna reprezentacja użytkownika w aplikacji w formie możliwego do personalizacji awatara.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 1; 2}
Narracja	Nadanie kursom narracji, np. stawianie użytkownika w roli turysty w obcym kraju.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 1; 2}
Wyzwania	Trudniejsze lekcje bądź pomniejsze osiągnięcia do zdobycia; mogą być ograniczone czasowo.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Nagradzanie za powrót	Przyznawanie użytkownikowi nagród za powrót do nauki po dłuższym okresie niekorzystania z aplikacji.	nie/ tak	{0; 1}
Pochwały	Werbalne pochwały po ukończeniu lekcji, dziennego celu lub za określone osiągnięcia.	nie/ tak	{0; 1}
Feedback audiowizualny	Satysfakcjonujące efekty dźwiękowe i wizualne towarzyszące nauce (np. podczas udzielania poprawnej odpowiedzi).	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 2; 3}
Wirtualna waluta	Waluta pozwalająca na transakcje w aplikacji, zdobywana poprzez wykonywanie zadań.	nie/ tak	{0; 2}
Kooperacja	Możliwość współpracy z innymi użytkownikami np. w formie wspólnej nauki lub wzajemnej motywacji.	brak/ słabo rozwinięte/ mocno rozwinięte	{0; 1; 2}

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Schöbel i in., 2020).

5. Charakterystyka aplikacji wybranych do badania

5.1. Charakterystyka Duolingo

Duolingo to aplikacja, która powstała początkowo jako projekt *crowdsourcingowy*, którego pomysłodawcą był Luis von Ahn – twórca Google Image Labeler oraz reCAPTCHA (Siegler, 2011). Celem projektu było stworzenie platformy, na której internauci mogliby się uczyć języków obcych, jednocześnie tłumacząc teksty. Obecnie Duolingo jest bardziej standardową aplikacją do nauki języków, a z elementu *crowdsourcingowego* zrezygnowano.

Duolingo to obecnie najpopularniejsza aplikacja do nauki języków obcych. W styczniu 2024 roku została pobrana przez ponad 16 milionów użytkowników (Statista, 2024). Do wyboru w aplikacji jest ponad 40 języków. Jej programy nauczania są zgodne z Europejskim Systemem Opisu Kształcenia Językowego (CEFR), a wiele badań (również niezależnych) potwierdza jej skuteczność (Duolingo, 2024). Aplikacja personalizuje ćwiczenia dla danego użytkownika, pozwala na naukę czytania, pisania, poprawnej wymowy i rozumienia ze słuchu.

Duolingo ma przyjazną szatę graficzną, w lekcjach użytkownikowi towarzyszy kilka postaci, każda z nich ma swój charakter i głos. Maskotką Duolingo jest zawarta w większości materiałów marketingowych oraz w ikonie aplikacji zielona sowa Duo, przypominająca użytkownikowi o regularnej nauce poprzez powiadomienia.

Kursy w Duolingo podzielone są na moduły, sekcje i lekcje. Nowi użytkownicy pytani są o swój poziom zaawansowania w posługiwaniu się wybranym językiem, cel nauki oraz czas, jaki chcą poświęcić na naukę każdego dnia. Następnie mogą przystąpić do testu, po którym aplikacja określa ich umiejętności i sugeruje rozpoczęcie nauki od odpowiedniego modułu. Dzięki temu użytkownicy kontynuujący naukę danego języka mogą od razu przejść do bardziej zaawansowanych zagadnień. Użytkownik jest chwalony i nagradzany za realizowanie dziennego celu nauki, serie poprawnych odpowiedzi, serie dni nauki, zdobywanie osiągnięć, kończenie modułów, sekcji i lekcji, a także za powrót po dłuższej przerwie.

Obecna w Duolingo wirtualna waluta – klejnoty – pozwala kupować wirtualne przedmioty nieznacznie wpływające na korzystanie z aplikacji. W podstawowej (darmowej) wersji aplikacji niewłaściwe rozwiązanie zadania skutkuje utratą jednego z pięciu żyć. Gdy te się skończą, należy dokupić je za klejnoty lub odczekać określony czas przed kontynuacją nauki. Użytkownik może wykonywać codzienne misje (ograniczone czasowo wyzwania), zapraszać znajomych do wyzwań zespołowych oraz rywalizować z innymi użytkownikami, korzystając z systemu podzielonych na ligi rankingów.

5.2. Charakterystyka Drops

Drops to aplikacja do nauki języków obcych stworzona przez Daniela Farkasa (CEO) i Marka Szuloyowszky'ego (CTO). Pomysł Farkasa na aplikację zrodził się z jego włas-

nego doświadczenia, gdy próbował nauczyć się języka tak szybko, jak to możliwe i zauważył brak odpowiedniego rozwiązania na rynku (Taylor, 2019). Wtedy Farkas i Szulyovszky opracowali LearnInvisible, ale chociaż aplikacja miała wszystkie narzędzia wymagane do nauki nowego języka, użytkownicy byli znudzeni i nie angażowali się wystarczająco długo, aby się czegokolwiek nauczyć. Współtwórcy postanowili połączyć całą skuteczność edukacyjną LearnInvisible z bardziej angażującą koncepcją i uruchomili Drops w 2015 roku. „Zasadniczo zdecydowaliśmy się stworzyć grę, ale jest to gra o bardziej szlachetnym celu” – tak Farkas opowiadał o Drops w wywiadzie dla CNBC (Taylor, 2019).

W 2018 roku aplikacja Drops została uznana przez Google za najlepszą aplikację roku, przekroczyła 10 milionów pobrań i odnotowała pięciokrotny wzrost przychodów. Autorzy aplikacji twierdzą, że użytkownicy mogą nauczyć się nowego języka przy minimalnym nakładzie czasu i zaangażowania. W 2020 roku została ona zakupiona przez platformę edukacyjną Kahoot! (2020).

W Drops dostępnych jest aktualnie ponad 50 języków, w tym maoryski, hawajski i ajnuski, uznane przez UNESCO (2024) za zagrożone wymarciem. Nauka w Drops opiera się na prostych zadaniach polegających m.in. na dopasowywaniu wyrażeń do obrazków i łączeniu liter bądź fragmentów słów tak, aby utworzyły odpowiednie zwroty. Poziom trudności zadań z zakresu poznanego już materiału stopniowo rośnie. Każde słowo i wyrażenie w aplikacji posiada własny, unikalny piktogram, co może pozytywnie wpłynąć na efektywność nauki (Tahiri, 2020). Sesja nauki trwa określony czas, wybrany przez użytkownika we wstępnym wywiadzie. Użytkownik ma możliwość wyboru pomiędzy nauką w ustalonej kolejności zagadnień a samodzielnym doбором kolejnych kategorii. Codzienne powiadomienia przypominają użytkownikowi o następnym kursie. Oprawa audiowizualna aplikacji jest minimalistyczna, lecz użyta w niej paleta wyrazistych kolorów i animacji sprawia, że nie jest monotonna. Obecne w aplikacji kamienie milowe, osiągnięcia, wyzwania i licznik serii motywują użytkowników do systematycznej nauki.

5.3. Charakterystyka Memrise

Żołycielami Memrise są Ed Cooke, Ben Whately oraz Greg Detre, którzy poznali się, gdy studiowali neuronaukę i psychologię na Uniwersytecie Oksfordzkim. Łączyła ich fascynacja mechanizmami uczenia się i determinacja, aby znaleźć sposób wykorzystania technologii do efektywniejszej nauki (Memrise, 2024). Po ukończeniu studiów Cooke zaangażował się w techniki pamięciowe. Wygrał mistrzostwa pamięci w Stanach Zjednoczonych, a w następnej edycji zwyciężył pewien wytrenowany przez Cooke’a dziennikarz, który opisał tę historię w książce *Moonwalking with Einstein*. Detre w tym czasie studiował w Princeton, by uzyskać doktorat z neuronauki, a Whately przeprowadził się do Qiqihaer, miasta na granicy chińsko-syberyjskiej, aby sprawdzić, czy będzie w stanie nauczyć się chińskiego, stosując swoje teorie na temat przyswajania drugiego języka (Memrise, 2024). Cooke, Detre i Whately spotkali się ponownie kilka lat później i na podstawie swoich doświadczeń stworzyli

Memrise. Według założycieli jest to platforma, która wykorzystuje techniki pamięciowe, dogłębne zrozumienie neuronauki i nowatorskie podejście do przyswajania drugiego języka, aby uczynić naukę języków znacznie łatwiejszą i szybszą (Memrise, 2024).

Memrise, tak samo, jak dwie pozostałe badane aplikacje, przypomina o regularnej nauce przy użyciu powiadomień. Użytkownik jest nagradzany punktami, które przekładają się na rangę konta oraz determinują pozycję w rankingu znajomych.

W aplikacji dostępne są 23 języki, a każdy z nich jest podzielony na kursy o różnych stopniach zaawansowania. Użytkownik może mieć wiele rozpoczętych kursów jednocześnie, nawet z tego samego języka. Każdy kurs dzieli się na poziomy, a na każdym poziomie użytkownik poznaje słowa i zwroty związane z określonym zagadnieniem. Użytkownik może rozpocząć naukę dowolnego poziomu bez utraty postępów na poziomach wcześniej rozpoczętych. Zadania w Memrise polegają na wybraniu, wpisaniu bądź ułożeniu z pojedynczych słów poprawnej odpowiedzi. Zadania obejmują czytanie oraz rozumienie ze słuchu. Poza standardowymi lekcjami w aplikacji dostępne są krótkie nagrania z native speakerami z opcjonalnymi napisami oraz tryb eksploracji, w którym aplikacja, korzystając z aparatu oraz sztucznej inteligencji, rozpoznaje przedmioty w kadrze, tłumaczy ich nazwy i dodaje je do odpowiednich kategorii w kolekcji użytkownika. Pozwala to na skuteczną naukę nazw przedmiotów codziennego użytku.

6. Ocena wybranych aplikacji ze względu na gamifikację

Spośród wybranych do badania aplikacji najwyższą liczbę punktów, bo aż 29 z 35 możliwych, uzyskała najpopularniejsza z nich – Duolingo. Na drugim miejscu z 15 punktami znalazło się Memrise, natomiast ostatnią pozycję z 12 punktami zajęło Drops (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie badanych aplikacji

Nazwa kryterium	Duolingo	Memrise	Drops	Komentarz
1	2	3	4	5
Punkty	tak (3)	tak (3)	nie (0)	Jedyną aplikacją, w której nie ma systemu punktów, jest Drops.
Oznaki/ osiągnięcia	mocno rozwinięte (3)	brak (0)	słabo rozwinięte (2)	W Duolingo aspekt odznak i osiągnięć jest mocno rozwinięty, w Memrise ten element nie został zaimplementowany, natomiast w Drops jest bardzo ograniczony.
Nagradzanie systematyczności	tak (2)	tak (2)	tak (2)	Wszystkie aplikacje nagradzają użytkownika za systematyczną naukę.
Rankingi	mocno rozwinięte (3)	słabo rozwinięte (2)	brak (0)	W Duolingo system rankingów jest bardzo rozbudowany, w Memrise ogranicza się do listy znajomych, natomiast w Drops ten element nie został zaimplementowany.

Tabela 2. cd.

1	2	3	4	5
Wizualna reprezentacja postępu	mocno rozwinięte (3)	mocno rozwinięte (3)	mocno rozwinięte (3)	We wszystkich aplikacjach wizualna reprezentacja postępu jest mocno rozwiniętym elementem.
Poziomy użytkownika	nie (0)	tak (2)	nie (0)	Jedynie Memrise posiada system poziomów użytkownika.
Wirtualne przedmioty	słabo rozwinięte (2)	brak (0)	brak (0)	Jedynie w Duolingo istnieją wirtualne przedmioty, jednak mają one ograniczony wpływ na korzystanie z aplikacji.
Awatar użytkownika	słabo rozwinięte (1)	brak (0)	brak (0)	Tylko Duolingo posiada kreator awatarów, jednak nie oferuje on wielu opcji personalizacji.
Narracja	słabo rozwinięte (1)	brak (0)	brak (0)	Jedynie w Duolingo jest element narracji, jednak jest niewielką częścią aplikacji i zależy od wybranego kursu.
Wyzwania	mocno rozwinięte (3)	brak (0)	mocno rozwinięte (3)	Zarówno Duolingo, jak i w Drops oferują wyzwania, których użytkownik może się podjąć. W Memrise taki element nie został wprowadzony.
Nagradzanie za powrót	tak (1)	nie (0)	nie (0)	Jedynie Duolingo oferuje nagrody za powrót po dłuższej przerwie w nauce.
Pochwały	tak (1)	tak (1)	nie (0)	W Duolingo i Memrise użytkownik otrzymuje pochwały za naukę, w Drops nie ma tego elementu.
Feedback audiowizualny	mocno rozwinięte (3)	słabo rozwinięte (2)	słabo rozwinięte (2)	W Duolingo feedback audiowizualny jest mocno rozwinięty, natomiast w oferujących bardziej minimalistyczne interfejsy aplikacjach Memrise oraz Drops ten element jest bardziej ograniczony.
Wirtualna waluta	tak (2)	nie (0)	nie (0)	Tylko w Duolingo został zaimplementowany system wirtualnej waluty.
Kooperacja	słabo rozwinięte (1)	brak (0)	brak (0)	Jedynie w Duolingo został zawarty aspekt kooperacji, jest on jednak słabo rozwinięty.
Suma punktów	29	15	12	

Źródło: opracowanie własne na podstawie ocen aplikacji Duolingo, Drops i Memrise.

Wszystkie aplikacje łączy mocno rozwinięta wizualna reprezentacja postępu, która jest istotnym elementem feedbacku, oraz nagradzanie systematycznej nauki. Duolingo zawiera znacznie więcej elementów gamifikacji niż pozostałe badane aplikacje, co może być jednym z czynników odpowiedzialnych za olbrzymi sukces tego projektu. Drops i Memrise, pomimo diametralnie różnych podejść ich twórców do procesu nauki języków obcych, zostały podobnie ocenione pod względem bardzo ograniczonego wykorzystania gamifikacji.

Uzyskane wyniki pozwalają sądzić, że opracowana na potrzeby badania lista kontrolna może stanowić pomocne narzędzie podczas oceny poziomu gamifikacji aplikacji do nauki języków obcych, a po odpowiednich modyfikacjach będzie również mogła zostać użyta do oceny innych aplikacji i cyfrowych platform edukacyjnych.

7. Zakończenie

Gamifikacja jest szybko zyskującą na popularności i powszechności metodą zwiększania zaangażowania, motywowania i utrzymywania uwagi użytkowników zwłaszcza w kontekście edukacji. Mechanizmy świadomie stosowane już ponad sto lat temu zostały formalnie opisane i nazwane i są przedmiotem wielu badań. Znajdują one zastosowanie komercyjne, co może jeszcze bardziej usprawnić ich rozwój.

W niniejszym artykule przedstawiono istotę gamifikacji, jej definicje i cele. Następnie ustalono założenia procedury badawczej z uwzględnieniem celu i sposobu przeprowadzenia badania oraz przedstawiono listę kontrolną, a także scharakteryzowano wybrane do badania aplikacje.

Spśród badanych aplikacji najwyższy wynik otrzymało Duolingo, które spełniło większość kryteriów określonych w liście kontrolnej. Gamifikacja w Duolingo jest integralną częścią doświadczenia, jej elementy są rozwinięte i wzajemnie na siebie oddziałują. Memrise otrzymało zgodnie z oczekiwaniami niski wynik, ponieważ zastosowanie skutecznych mechanizmów nauki było dla twórców aplikacji najważniejszą kwestią, a gamifikacja stanowiła jedynie dodatek. Aplikacja Drops uzyskała wynik zdecydowanie niższy, niż początkowo zakładano, wzięwszy pod uwagę wypowiedzi jej twórców i oczekiwania wobec platformy Kahoot!, do której należy od 2020 roku. Ta różnica pomiędzy oczekiwanym a uzyskanym wynikiem pozwala sądzić, że wykorzystanie zaproponowanej listy kontrolnej może ułatwić i usystematyzować bardziej obiektywną ocenę poziomu gamifikacji w aplikacjach mobilnych i webowych oraz na cyfrowych platformach edukacyjnych.

Rozbudowanie listy kontrolnej o dodatkowe kryteria, modyfikacja skali oceniania lub rezygnacja z nie relewantnych kryteriów mogą poszerzyć jej zastosowanie, sprawiając, że będzie mogła zostać wykorzystana do oceny implementacji gamifikacji w innych środowiskach, takich jak inne programy i platformy edukacyjne. Przeprowadzenie ankiet wśród odpowiednio dużej i zróżnicowanej grupy użytkowników mogłoby zniwelować subiektywność podejścia eksperckiego zastosowanego do oceny poszczególnych kryteriów, przyczyniając się do uzyskania bardziej wiarygodnych wyników.

Literatura

- Ahn von L. i Hacker S. (2024) *Duolingo* [Aplikacja mobilna]. <https://pl.duolingo.com/>
- Alsawaier, R. S. (2018). The Effect of Gamification on Motivation and Engagement. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 35(1), 1-79. <https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2017-0009>
- Andersen, R., i Rustad, M. (2022). Using Minecraft as an Educational Tool for Supporting Collaboration as a 21st Century Skill. *Computers and Education Open*, (3), 100094. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100094>
- Christians, G. (2018). *The Origins and Future of Gamification. Senior Theses. 254*. Pobrano z https://scholarcommons.sc.edu/senior_theses/254
- Cooke E. i Detre G. (2024), *Memrise* [Aplikacja mobilna]. <https://www.memrise.com/>
- Coonradt, C. A., i Nelson, L. (1984). *The Game of Work: How to Enjoy Work as Much as Play*. Shadow Mountain. Pobrano z <http://archive.org/details/gameofworkhowto00coon>
- Hamari, J., Koivisto, J., i Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? – A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hussein, E., i in. (2023). Exploring the Impact of Gamification on Skill Development in Special Education: A Systematic Review. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), ep443. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13335>
- Kahoot! (2020, 24 listopada). *Kahoot! Acquires Drops to Make Language Learning More Awesome!* Kahoot.com. Pobrano z <https://kahoot.com/investor/announcements/kahoot-acquires-drops-to-make-language-learning-awesome/>
- Koivisto, J., i Hamari, J. (2019). The Re OFof MOTIVATIONALotivational INFORMATIONnformation SYSTEMSsystems: A REVIEWewiew OFof GamificationAMIFICATION Research. *International Journal of Information Management*, (45). <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>
- Lee, J. J., i Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic exchange quarterly*, 15(2).
- Mojang AB. TM Microsoft Corporation. (2024). *Minecraft Education*. [Aplikacja mobilna]. <https://education.minecraft.net/pl-pl>
- Pusey, M., i Pusey, G. (2015). Using Minecraft in the Science Classroom. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 23(3). <https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/10331>
- Schöbel, S. M., Janson, A., i Söllner, M. (2020). Capturing the Complexity of Gamification Elements: A Holistic Approach for Analysing Existing and Deriving Novel Gamification Designs. *European Journal of Information Systems*, 29(6), 641-654. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1796531>
- Siegler, M. G. (2011, 13 kwiecień). *Meet Duolingo, Google's Next Acquisition Target; Learn A Language, Help The Web*. TechCrunch. Pobrano z <https://techcrunch.com/2011/04/12/duolingo/>
- Slattery, E. J., Butler, D., O'Leary, M., i Marshall, K. (2023). Teachers' Experiences of Using Minecraft Education in Primary School: An Irish Perspective. *Irish Educational Studies*, 43(4), 7-17. <https://doi.org/10.1080/03323315.2023.2185276>
- Statista. (2024, 15 lutego). *Top Language Learning Apps by Downloads 2024*. Pobrano z <https://www.statista.com/statistics/1239522/top-language-learning-apps-downloads/>
- Tahiri, S. (2020). The Impact of Pictures on Second Language Acquisition. *SEEU Review*, 15(2), 126-135. <https://doi.org/10.2478/seeur-2020-0021>
- Taylor, C. (2019, 4 lutego). *How Google's „best app of 2018” Was Built off the Back of a Failed Project*. CNBC. Pobrano z <https://www.cnbc.com/2019/02/04/how-googles-best-app-of-2018-was-built-after-a-failed-project.html>
- UNESCO (2024). *World Atlas of Languages (Beta Version)*. Pobrano z <https://en.wal.unesco.org/discover/languages>

Approach to Evaluating the Use of Gamification in Language Learning Applications

Abstract: Gamification is a factor that can increase user engagement and motivation in language learning applications. The aim of the study was to assess selected applications for gamification and evaluate the effectiveness of the checklist used for this purpose. The applications were tested using a cognitive walkthrough method, highlighting distinctive features of each and comparing them quantitatively and qualitatively. The research procedure and checklist were deemed suitable tools for use in studying other applications, with modifications needed to tailor them to specific tasks.

Keywords: applications, checklist, engagement, gamification, language learning

Marcin Dugiełło

e-mail: marcin.dugiello@gmail.com

ORCID: 0009-0002-3645-3442

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Porównanie jakości modeli prognozowania na podstawie cen transakcyjnych nieruchomości mieszkalnych we Wrocławiu

DOI: 10.15611/2024.80.2.04

JEL Classification: I12, I14

@ 2024 Marcin Dugiełło

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Dugiełło, M. (2024). Porównanie jakości modeli prognozowania na podstawie cen transakcyjnych nieruchomości mieszkalnych we Wrocławiu. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 48-62). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Badanie koncentruje się na porównaniu skuteczności metod uczenia maszynowego, takich jak lasy losowe oraz regresja liniowa w kontekście wyceny nieruchomości mieszkalnych na podstawie danych transakcyjnych. Głównym celem artykułu jest ocena zdolności tych metod do precyzyjnego prognozowania cen nieruchomości. Artykuł rozpoczyna się od teoretycznego wprowadzenia do wyceny nieruchomości, omawiając definicje i istniejące podejścia w Polsce. Następnie przedstawione są założenia badania empirycznego zawierające szczegółowy opis zbioru danych oraz używane zmienne. Analiza skupia się na rynku mieszkalnym we Wrocławiu w latach 2014-2023. Zastosowano metodę GridSearchCV do optymalizacji parametrów modeli predykcyjnych. Wnioski płynące z badania pokazują potencjał modeli nieliniowych w estymacji cen nieruchomości i jednocześnie podkreślają znaczenie odpowiedniej kalibracji hiperparametrów przed przystąpieniem do estymacji.

Słowa kluczowe: nieruchomości, wycena nieruchomości, modele prognozowania, uczenie maszynowe, liniowa regresja, las losowy, ANOVA, hiperparametry, GridSearchCV

1. Wstęp

Zakup nieruchomości jest jedną z kluczowych decyzji finansowych w życiu, mającą wpływ nie tylko na nas samych, ale i na naszych bliskich. Oszacowanie wartości nieruchomości mieszkalnej to proces wymagający precyzji i zaawansowanej analizy, co stanowi wyzwanie zarówno dla specjalistów, jak i dla przeciętnych osób.

Współczesne technologie oferują narzędzia mogące znacząco wspomóc ten proces. Zaawansowane metody, takie jak uczenie maszynowe oraz podstawowe modele regresji liniowej wykorzystujące ogromne zbiory danych transakcyjnych,

mogą być nieocenioną pomocą w dokładniejszym określaniu wartości nieruchomości. Dzięki nim możliwe jest uzyskanie precyzyjnych wycen, co ma istotne znaczenie dla podejmowania decyzji inwestycyjnych.

Uczenie maszynowe, dzięki swojej zdolności do analizowania dużej liczby danych i wykrywania subtelnych wzorców, oraz modele regresyjne, prognozujące na podstawie historycznych danych, mogą znacząco zwiększyć świadomość potencjalnych nabywców i sprzedawców. To z kolei przyczynia się do poprawy przejrzystości oraz efektywności wyceny na rynku nieruchomości.

Celem artykułu jest sprawdzenie potencjału modeli predykcyjnych w praktycznej wycenie nieruchomości na podstawie rzeczywistych danych oraz porównanie skuteczności liniowej metody regresyjnej z metodą uczenia maszynowego.

W kolejnej części artykułu skoncentrowano się na teorii wyceny nieruchomości, przedstawiono jej definicję, podziały oraz istniejące podejścia do niej w Polsce. W następnej opisano założenia badania empirycznego, w tym modele prognozowania oraz inne narzędzia analizy danych, a potem omówiono szczegółowo kluczowe zmienne i zbiór danych, który posłużył do przeprowadzenia badania. W dalszych opisano przeprowadzoną analizę rynku mieszkalnego we Wrocławiu, bazując na transakcjach nieruchomości z lat 2014-2023. Procedura GridSearchCV została wykorzystana do optymalizacji hiperparametrów modeli prognozujących. Na zakończenie porównano modele przy użyciu wskaźników oceny predykcji regresyjnej oraz histogramów błędów bezwzględnych, prezentujących efektywność obu podejść w kontekście wyceny nieruchomości.

2. Teoria wyceny nieruchomości

Definicja nieruchomości najczęściej cytowana w polskich publikacjach naukowych i literaturze fachowej znajduje swoje umocowanie w ustawie z dnia 23 kwietnia 1964 r. w Kodeksie Cywilnym, w artykule 46 paragrafie 1. Zgodnie z tą definicją: „Nieruchomościami są części powierzchni ziemskiej stanowiące odrębny przedmiot własności (grunty), jak również budynki trwale związane z gruntem lub części takich budynków, jeżeli na mocy przepisów szczególnych stanowią odrębny od gruntu przedmiot własności”. Definicja ta podkreśla, że nieruchomość jest przede wszystkim określonym fragmentem ziemi, co czyni ją trwałą i niemożliwą do usunięcia. Jest to definicja klarowna i zwięzła, co ułatwia jej stosowanie w praktyce oraz w terminologii naukowej i prawnej.

Nieruchomości można podzielić na trzy główne kategorie (Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r.) – gruntowe, budynkowe i lokalowe. Każda z nich ma unikalne cechy i wymaga specyficznego podejścia do wyceny. Grunty to tereny, które zgodnie z przepisami prawnymi obejmują zarówno powierzchnię, jak i przestrzeń nad i pod nią. Kluczowym elementem w wycenie nieruchomości jest więc precyzyjne wyznaczenie granic, co wymaga pomiarów geodezyjnych i procedur prawnych.

Grunty dzielą się na działki niezabudowane (np. rolne, leśne, wodne, kopalne i nieużytki) oraz zabudowane (Malec i Stachura, 2006), które obejmują budynki

i inne stałe obiekty. Struktury zwane naniesieniami, oddzielone od gruntu, klasyfikowane są jako nieruchomości budynkowe. Ten podział jest istotny, gdy różne podmioty posiadają grunt i budynki, jak to ma miejsce w użytkowaniu wieczystym. W takich przypadkach Skarb Państwa jest właścicielem gruntu, a osoby prywatne budynków. W praktyce jednak budynek i grunt są nierozłączne, co sprawia, że pojęcie nieruchomości budynkowej funkcjonuje głównie w podstawie prawnej.

Indywidualnie wydzielone jednostki w budynkach, mające przeznaczenie mieszkalne lub użytkowe, klasyfikowane są jako nieruchomości lokalowe. Samodzielność lokalu zapewnia trwałe oddzielenie go ścianami, co może obejmować także przynależne pomieszczenia, takie jak garaże czy komórki, nawet jeśli nie są bezpośrednio połączone z lokalem. Każdy lokal musi posiadać własną księgę wieczystą, która potwierdza jego niezależność (Kucharska-Stasiak, 2006). W niniejszym badaniu zbiór danych będzie wyłącznie zawierał nieruchomości określone jako lokalowe.

Wycena nieruchomości obejmuje różnorodne podejścia, które pozwalają na dokładne określenie jej wartości w zależności od dostępnych danych i specyficznych uwarunkowań rynkowych (Cymerman i Cymerman, 2024).

Podejście porównawcze polega na wycenie nieruchomości poprzez porównanie cen transakcyjnych nieruchomości o podobnych cechach i lokalizacji. Zakłada się, że ceny, po jakich sprzedawane były te nieruchomości, odzwierciedlają rynkową wartość. Metoda ta jest powszechnie stosowana ze względu na swoją prostotę i oparcie na rzeczywistych danych rynkowych, co czyni ją jednym z najbardziej przystępnych i wiarygodnych sposobów oceny wartości nieruchomości.

Kolejnym podejściem jest metoda dochodowa, która opiera się na ocenie wartości nieruchomości przez analizę przewidywanych przepływów pieniężnych, które są generowane na bieżąco lub mają potencjał do generowania ich w przyszłości. Podejście to wymaga prognozowania przyszłych dochodów oraz uwzględnienia sposobu wykorzystania nieruchomości w celu zapewnienia maksymalnych korzyści finansowych. Jest szczególnie użyteczne w przypadku nieruchomości komercyjnych, gdzie generowany dochód stanowi główny wskaźnik wartości. Podejście kosztowe umożliwia uzyskanie wartości odtworzeniowej nieruchomości poprzez określenie kosztu nabycia gruntu, kosztów odtworzenia jego części składowych oraz ich zużycia. Jest stosowane przy wycenie nieruchomości, które nie są przedmiotem obrotu rynkowego (Korenik i Zakrzewska-Półtorak, 2021). Metoda ta jest używana głównie dla nieruchomości specjalistycznych lub unikalnych, gdzie brakuje odpowiednich danych porównawczych, co czyni inne podejścia mniej praktycznymi.

W sytuacjach gdy specyficzne uwarunkowania uniemożliwiają zastosowanie podejścia porównawczego lub dochodowego, stosuje się podejście mieszane. Łączy ono elementy podejść porównawczego i dochodowego, by precyzyjnie określić wartość nieruchomości. W jego ramach stosuje się trzy metody: pozostałościową, kosztów likwidacji i metodę wskaźników szacunkowych gruntu. Takie połączenie pozwala na bardziej elastyczną i kompleksową ocenę wartości nieruchomości, uwzględniając różnorodne aspekty jej wyceny.

Pełna wartość i trafność wyceny nieruchomości są potwierdzone tylko wtedy, gdy wszystkie etapy procesu są przeprowadzone prawidłowo z dokładnym zebraniem danych i odpowiednim przypisaniem wagi czynnikom wpływającym na wartość. W artykule zaprezentowano podejście porównawcze, które opiera się na analizie statystycznej rynku nieruchomości. Estymacja wartości opiera się na modelach ekonometrycznych – regresji wielorakiej, analizie trendów i sztucznych sieciach neuronowych (Korenik i Zakrzewska-Półtorak, 2021). Dzięki temu minimalizuje się subiektywizm, bazując wyłącznie na danych z transakcji rynkowych. Takie podejście zwiększa precyzję wyceny oraz pozwala na obiektywne prognozowanie zmian wartości nieruchomości w dynamicznym otoczeniu rynkowym.

3. Założenia realizacji i narzędzia badawcze

Celem przeprowadzonego badania było ocenienie i porównanie efektywności dwóch modeli prognozowania wyceny nieruchomości – modelu opartego na regresji liniowej oraz modelu wykorzystującego las losowy. Ich efektywność zmierzono przy użyciu takich wskaźników jak współczynnik determinacji (R^2), błąd średniokwadratowy (MSE) oraz średni bezwzględny błąd procentowy (MAPE). Analizę przeprowadzono na podstawie danych dotyczących cen transakcyjnych mieszkań we Wrocławiu obejmujących okres od 2014 do 2023 roku. Badanie przeprowadzono zgodnie z następującymi etapami:

1. wybór odpowiednich zmiennych ze zbioru danych do analizy;
2. uzupełnienie brakujących danych i czyszczenie zbioru danych;
3. wizualizacja rynku mieszkaniowego we Wrocławiu;
4. optymalizacja hiperparametrów modeli w celu uzyskania jak najlepszej precyzji predykcji;
5. predykcja wyceny nieruchomości przy użyciu zoptymalizowanych modeli;
6. ocena efektywności modeli za pomocą miar jakości predykcji.

W badaniu zastosowano las losowy jako model uczenia maszynowego. Jest to metoda łącząca wyniki wielu drzew decyzyjnych, co poprawia dokładność predykcji. Za jej pomocą tworzy się wiele drzew na podstawie losowych podzbiorów danych i cech, a końcowy wynik jest uśrednieniem lub głosowaniem większościowym (Biau i Scornet, 2016). Lasy losowe mają kilka kluczowych zalet: są mniej podatne na przeuczenie, mogą być stosowane do regresji i klasyfikacji oraz są odporne na brakujące dane i szum.

Drugim modelem, który został przetestowany, jest regresja liniowa – intuicyjny model szeroko stosowany w różnych dziedzinach nauki i przemysłu. W literaturze regresja liniowa jest często opisywana jako jeden z elementów podejścia porównawczego w wycenie nieruchomości (Korenik i Zakrzewska-Półtorak, 2021). Opierając się na analizie statystycznej i ekonometrycznej, zalicza się ją do metod analizy statystycznej rynku, co pozwala na mniej subiektywne szacowanie wartości nieruchomości.

Pozostałe narzędzia zastosowane w badaniu, które przyczyniły się do poprawy estymacji modeli, to Welch-ANOVA, GridSearchCV oraz sprawdzian krzyżowy.

4. Wybór zmiennych do badania

W badaniu wykorzystano dane z Systemu Analiz i Monitorowania Rynku Obrotu Nieruchomościami (AMRON), który jest jedyną w Polsce międzybankową, wystandaryzowaną bazą danych o nieruchomościach, ich cenach i wartościach (Amron, b.d.). Stanowi ona istotne źródło informacji na temat rynku nieruchomości. Badanie opiera się na danych dotyczących transakcji na rynku miejskim we Wrocławiu przeprowadzonych w latach 2013-2023.

Początkowy zbiór danych składał się z 45 319 wierszy i 25 zmiennych, przy czym każdy wiersz reprezentował pojedynczą transakcję. Niektóre zmienne zostały usunięte z powodu braku różnorodności wewnątrz zmiennej, co sugeruje niską wartość informacyjną. Inne zmienne zostały wyeliminowane, ponieważ brakowało jednolitych kategorii, co komplikowałoby proces standaryzacji i wymagało zastosowania dodatkowych narzędzi do przekształcenia ich w użyteczne informacje. Oprócz tego część zmiennych wykorzystano jako filtry lub użyto ich do utworzenia nowej zmiennej o nazwie „cena zaktualizowana”, która lepiej odzwierciedlała aktualne wartości rynkowe.

Po przeprowadzeniu filtracji, selekcji i przetworzeniu danych pierwotny zbiór danych został zredukowany do 23 394 wierszy zawierających 8 zmiennych objaśniających oraz jedną zmienną objaśnianą.

Zmienna „cena zaktualizowana” służy jako zmienna zależna w analizie i reprezentuje obecną wartość rynkową każdego z transakcyjnych lokali mieszkalnych, zaktualizowaną na dzień 01.01.2024. Badanie obejmuje wszystkie transakcje dotyczące nieruchomości lokalowych przeprowadzone na terenie Wrocławia od 01.01.2014 do 31.12.2023. Średnia dynamika wzrostu cen w ciągu ostatnich 10 lat wyniosła 203%. W poniższej tabeli 1 przedstawiono opis zmiennych, które zostały dostosowane do dalszej analizy.

Tabela 1. Zmienne wykorzystane w badaniu

Oznaczenie zmiennej	Nazwa zmiennej	Opis zmiennej	Typ zmiennej
1	2	3	4
Y	Cena zaktualizowana	Cena transakcyjna zaktualizowana na dzień 01.01.2024.	Zmienna ilościowa zmiennoprzecinkowa
X1	Źródło informacji	Zmienna określająca, z jakiego typu umowy pochodzą dane transakcji.	Zmienna kategoriowa
X2	Dzielnica	Lokalizacja nieruchomości według dzielnicy.	Zmienna kategoriowa

Tabela 1. (cd)

1	2	3	4
X3	Rodzaj budynku	Zmienna określająca typ budynku, w którym znajduje się nieruchomość.	Zmienna kategoriowa
X4	Rok budowy	Rok budowy budynku, w którym znajduje się nieruchomość.	Zmienna ilościowa całkowita
X5	Powierzchnia użytkowa	Zmienna określająca powierzchnię podmiotu.	Zmienna ilościowa zmienno-przecinkowa
X6	Piętro	Zmienna określająca, na którym piętrze znajduje się nieruchomość.	Zmienna ilościowa całkowita
X7	Liczba pokoi	Liczba pokoi w nieruchomości.	Zmienna ilościowa całkowita
X8	Liczba pięter w budynku	Liczba pięter budynku, w którym znajduje się podmiot.	Zmienna ilościowa całkowita

Źródło: opracowanie na podstawie własnych badań.

W analizie wybrano zmienną przedstawiającą całkowitą cenę lokalu, a nie cenę za metr kwadratowy. Dzięki temu można ustalić bezpośrednią cenę transakcyjną, która jest łatwiejsza do zobrazowania dla potencjalnych użytkowników przedstawionych modeli wyceny.

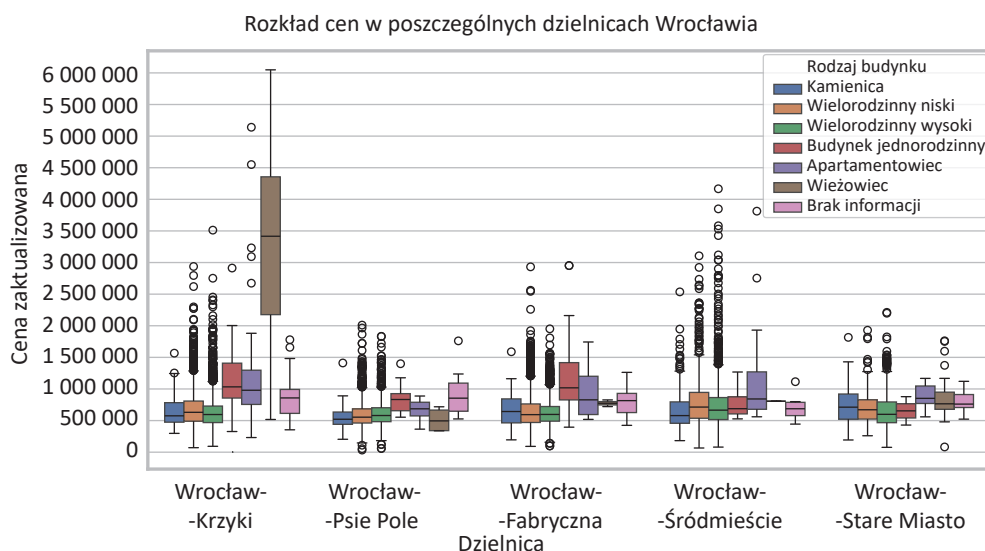
5. Analiza danych rynku mieszkalnego

Do przetwarzania danych wykorzystano środowisko Visual Studio Code. Zbiór danych został wczytany i przekształcony w strukturę znaną jako ramka danych (*data frame*) przy użyciu bibliotek Pandas i Numpy. Umożliwiło to zlokalizowanie brakujących danych. Braki stwierdzono w następujących zmiennych: „rodzaju budynku” (99 brakujących wartości), „piętrze” (43 brakujące wartości), „liczbie pięter w budynku” (85 brakujących wartości) oraz „liczbie pokoi” (jedna brakująca wartość). Z uwagi na to, że nawet pojedyncza brakująca wartość w zmiennych może zakłócić estymację cen nieruchomości, przeprowadzono proces uzupełnienia tych braków. Dla zmiennych numerycznych zastosowano metodę uzupełnienia medianą wartości z danej kolumny, natomiast dla zmiennych kategoriowych przyjęto strategię zastąpienia brakujących danych najczęściej występującą kategorią.

W kolejnym kroku podzielono zmienne na dwa główne typy: dane kategoriowe i numeryczne. Dane numeryczne zostały dodatkowo sklasyfikowane jako ciągłe lub dyskretne, co pozwoliło na dokładniejsze analizowanie zmiennych i identyfikację obszarów wymagających poprawy. W procesie tworzenia modeli uczenia maszynowego kluczowe jest identyfikowanie wartości ekstremalnych, które mogą znacząco wpłynąć na jakość predykcji (Sabourin, 2021) szczególnie w przypadku

modelowania wyceny nieruchomości, gdzie model przeznaczony do estymacji typowego mieszkania może wykazać większe błędy, jeśli nie zostaną odpowiednio dostosowane wartości graniczne. Analiza wykresów pudełkowych dla wszystkich numerycznych zmiennych objaśniających wskazała, że wartości graniczne powinny być ustalone dla zmiennych, takich jak „rok budowy”, „powierzchnia użytkowa”, „piętro”, „liczba pokoi” i „liczba pięter w budynku”.

Następnym etapem badania była wizualizacja kategoriycznych zmiennych objaśniających. Na rysunku 1, przedstawiającym dane przed ustaleniem wartości granicznych na wykresie pudełkowym, wyraźnie wyróżniała się kategoria „wieżowce” dla zmiennej „rodzaj budynku” w dzielnicy Wrocław-Krzyki. Szczególnie odstający budynek – Sky Tower, podkreślał swoją unikalność w kontekście dzielnicy i całego miasta. Z uwagi na ograniczoną liczbę nieruchomości przypisanych do kategorii „wieżowiec” (zaledwie 168) oraz „brak informacji” podjęto decyzję o ich wykluczeniu z dalszej analizy. Po ustaleniu wartości granicznych dla numerycznych zmiennych objaśniających i eliminacji kategorii „wieżowiec” z analizy osiągnięto bardziej zrównoważony rozkład cen, co jest przedstawione na rysunku 2.

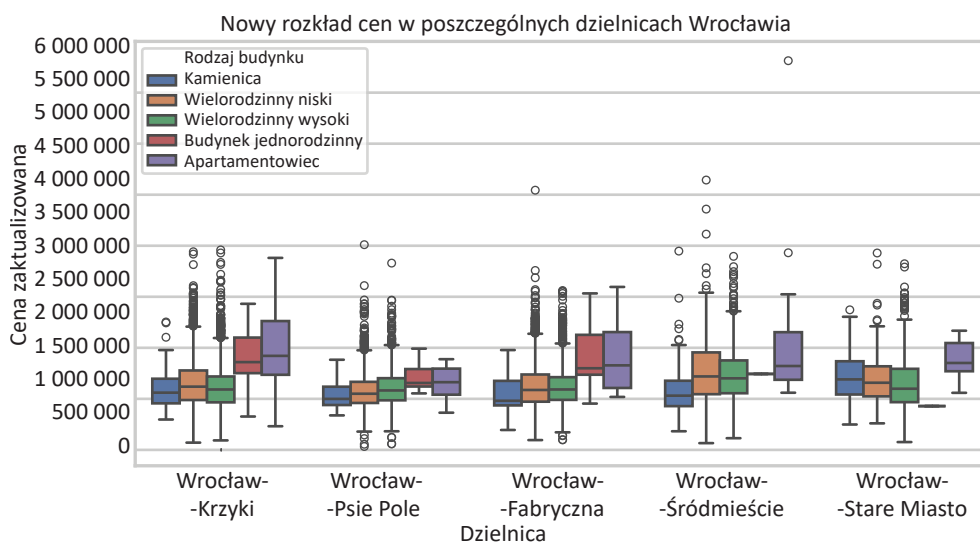


Rys. 1. Rozkład cen nieruchomości w poszczególnych dzielnicach Wrocławia

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Ostatni etap analizy obejmował zastosowanie analizy wariancji, znanej jako ANOVA, będącej techniką modelowania liniowego umożliwiającą ocenę związków między zmiennymi. ANOVA jest wykorzystywana do badania różnic w przewidywanych średnich wartościach między różnymi kategoriami jednej zmiennej lub kombinacjami kategorii dwóch zmiennych (Shaw i Mitchell-Olds, 1993). Dzięki swojej

prostocie implementacji i skuteczności w porównywaniu danych pomiędzy grupami jest często stosowana w analizach statystycznych. W badaniu wykorzystano bibliotekę Pingouin, rozszerzenie statystyczne Pythona. Skupiono się na porównaniu danych w zbiorze, wykorzystując test Levene'a do sprawdzania heterogeniczności zbioru danych. Odrzucenie hipotezy zerowej w tym teście skutkowało zastosowaniem metody Welch-ANOVA (Pingouin, b.d.), która zakłada nierówność wariancji. Zmienne kategoryczne, takie jak „źródło informacji”, „dzielnica” i „rodzaj budynku” zostały zbadane, a analiza potwierdziła ich istotny wpływ na kształtowanie się cen nieruchomości. Wyniki wskazują, że te kategorie powinny być uwzględniane przy modelowaniu cen nieruchomości ze względu na ich znaczący wpływ na cenę zakupu.



Rys. 2. Rozkład cen nieruchomości w poszczególnych dzielnicach Wrocławia po wyznaczeniu wartości granicznych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Po przeprowadzeniu wszelkich niezbędnych przekształceń zbioru danych przygotowany do estymacji wartości nieruchomości składał się z 19 126 wierszy reprezentujących rzeczywiste transakcje rynkowe.

6. Dostrajanie hiperparametrów

Hiperparametry są kluczowymi współczynnikami w modelach uczenia maszynowego, które nie są uczące się bezpośrednio przez model podczas treningu, ale muszą być ustalone przez użytkownika. Ich odpowiednia kalibracja jest niezbędna, by uzyskać optymalną jakość i dokładność modeli predykcyjnych (Serrano, 2022). Proces ten,

znany jako dostrajanie hiperparametrów, wymaga eksploracji różnych scenariuszy ustawień dla każdego parametru.

W ramach badania rozróżniono dwie główne grupy hiperparametrów: te związane z inżynierią danych oraz te specyficzne dla modeli uczenia maszynowego. Analiza tych parametrów opisana została szczegółowo w tabeli 2, która prezentuje funkcje, opisy działania oraz hiperparametry wchodzące w skład poszczególnych funkcji.

W przypadku modeli uczenia maszynowego, takich jak lasy losowe, istotne hiperparametry obejmują maksymalną liczbę rozgałęzień modelu oraz kryteria oceny jakości podziału. Proces znajdowania optymalnych parametrów dla tych modeli został przeprowadzony z użyciem narzędzia GridSearchCV z biblioteki scikit-learn, co pozwoliło na systematyczne przeszukiwanie przestrzeni parametrów przy użyciu walidacji krzyżowej (Scikit-Learn, b.d.). W analizie rozważano różne ustawienia hiperparametrów, sprawdzając 96 możliwych konfiguracji dla regresji liniowej i 384 dla lasów losowych. Algorytm miał za zadanie znaleźć takie ustawienie hiperparametrów, które zapewni najlepsze wyniki pod względem współczynnika determinacji (Chicco i in., 2021), jednocześnie minimalizując standardowe odchylenie wyników.

Cały proces poszukiwania i optymalizacji hiperparametrów został zilustrowany na diagramach (zob. rys. 3 i 4), które przedstawiają ocenę różnych konfiguracji hiperparametrów i ich wpływ na jakość predykcji. Ten etap uwidacznia, jak istotne jest odpowiednie dostosowanie hiperparametrów, aby zwiększyć skuteczność modeli predykcyjnych w dziedzinie uczenia maszynowego.

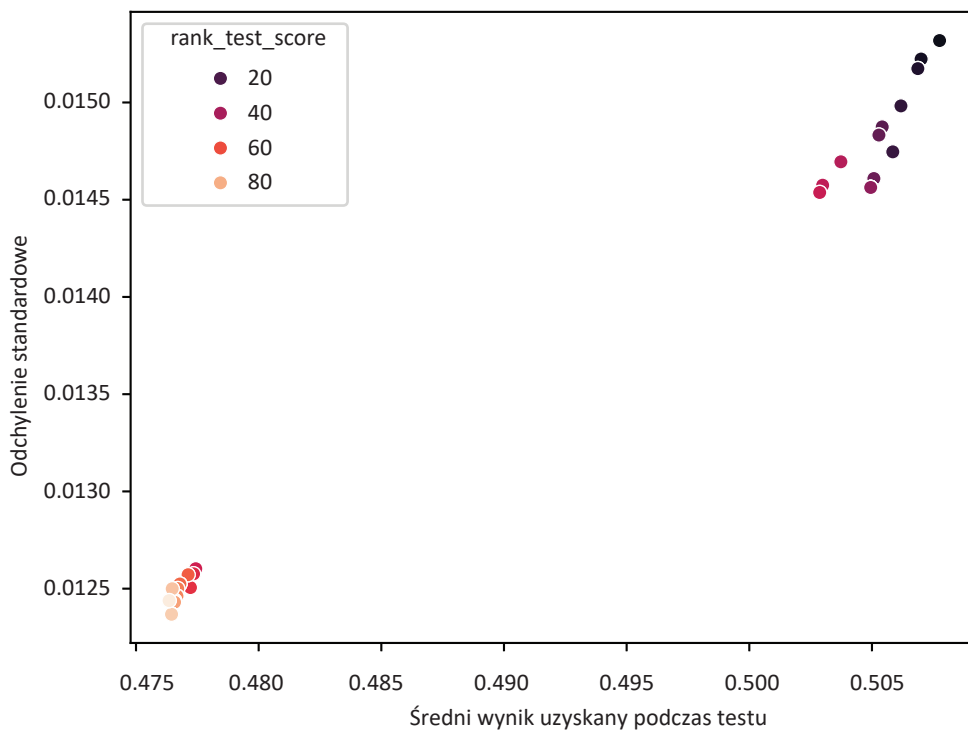
Tabela 2. Zestawienie hiperparametrów analizowanych za pomocą metody GridSearchCV

Nazwa funkcji	Opis działania	Hiperparametry w funkcji
Funkcje związane z inżynierią danych		
1	2	3
Uzupełnienie brakujących numerycznych danych	Zastępuje brakujące dane numeryczne.	<ul style="list-style-type: none"> Wybór metody imputacji: średnia czy mediana.
Uzupełnienie brakujących kategoriycznych danych	Zastępuje brakujące dane kategoriyczne.	<ul style="list-style-type: none"> Wybór metody imputacji: odrzucenie brakujących danych lub uzupełnienie o najczęściej występującą kategorię.
Kodowanie rzadkich etykiet	Grupuje rzadkie kategorie w nową kategorię o nazwie „Rare”.	<ul style="list-style-type: none"> Wybór minimalnej częstotliwości, aby obserwacja była uznana za częstą: 0,01 czy 0,05. Wybór pożądanej liczby przedziałów: 5 lub 10.
Kodowanie porządkowe	Przekształca zmienne kategoriyczne na zmienne liczbowe.	<ul style="list-style-type: none"> Wybór preferowanej metody kodowania: porządkowa czy arbitralna.
Dyskretyzacja	Dzieli zmienne numeryczne ciągłe na przedziały o równej częstotliwości.	<ul style="list-style-type: none"> Wybór pożądanej liczby przedziałów: 10, 50 czy 100.

Tabela 2. (cd.)

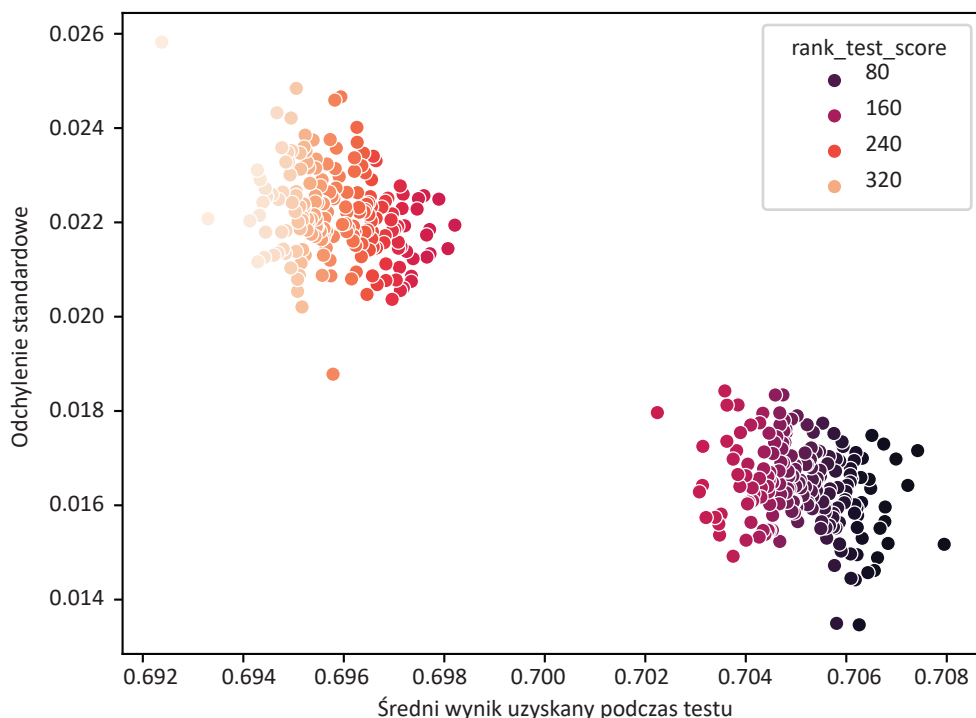
1	2	3
Modele uczenia maszynowego		
Regresja liniowa	Liniowy model uczenia maszynowego, który stosuje regresję liniową.	<ul style="list-style-type: none"> • Brak
Las losowy	Model, który dokonuje prognoz poprzez podział danych na coraz mniejsze grupy na podstawie określonych kryteriów.	<ul style="list-style-type: none"> • Wybór maksymalnej liczby rozdziałów modelu: 100 czy bez ograniczeń. • Wybór oceny jakości podziału: współczynnik determinacji czy błąd średniokwadratowy.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.



Rys. 3. Procedura dostrajania hiperparametrów w modelu regresji liniowej

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.



Rys. 4. Procedura dostrajania hiperparametrów w modelu lasów losowych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Na rysunkach 3 i 4 widoczne są różnice pomiędzy zastosowanymi procedurami dostrajania hiperparametrów. W przypadku lasów losowych algorytm koncentrował się na uzyskaniu jak najlepszego wyniku przy minimalnym odchyleniu standardowym. Tymczasem w regresji liniowej obserwuje się odmienny scenariusz, gdzie odchylenie standardowe jest coraz większe. Dodatkowo, wyniki pokazują różnice w średnim wyniku współczynnika determinacji – dla lasów losowych jest on znacznie wyższy. Wskazuje to na potencjalnie mniejsze błędy przy estymacji cen nieruchomości przy użyciu tego modelu.

7. Porównanie zastosowanych modeli predykcji

Modele predykcyjne w badaniu zostały poddane szczegółowej ocenie przy użyciu specjalnie opracowanej metody, co umożliwiło kompleksową analizę ich jakości. Cały proces rozpoczął się od podziału danych na wiele podzbiorów, które zostały następnie poddane walidacji krzyżowej, umożliwiając uśrednienie wyników z różnych scenariuszy i zmniejszenie ryzyka wynikającego z jednorazowego podziału danych na nieregularny zbiór testowy i treningowy. Analiza obejmowała przygotowa-

nie danych, utworzenie listy metryk służących do oceny predykcji, konfigurację walidacji krzyżowej, bezpośrednią procedurę oceny modelu, a na koniec zebranie i zapisanie wyników (zob. tab. 3).

Tabela 3. Wyniki oceny prognozy

Wskaźnik oceny	Modele predykcji cen nieruchomości	
	Liniowa regresja	Las losowy
R ²	51%	71%
MSE	23 696 919 851,17 zł ²	14 043 462 762,58 zł ²
RMSE	153 938,04 zł	118 505,12 zł
MAPE	19%	13%

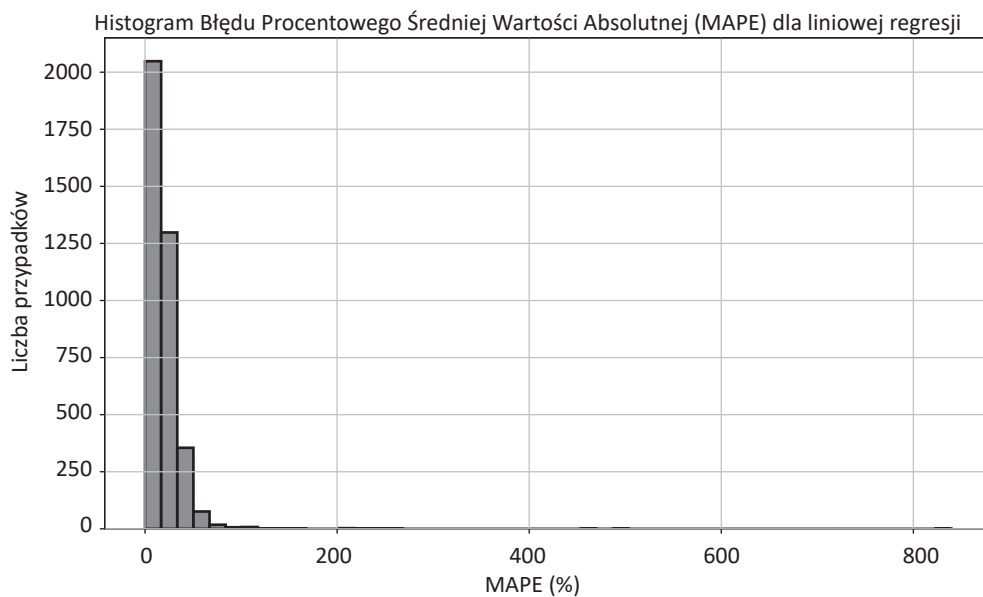
Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Analiza wyników predykcji cen nieruchomości pokazuje, że model lasu losowego jest znacznie skuteczniejszy w estymacji wartości nieruchomości niż regresja liniowa. Jednakże należy zauważyć, że las losowy jest również bardziej czasochłonny i wymaga większych zasobów obliczeniowych. W każdym z analizowanych wskaźników – współczynnika determinacji, średnim błędzie kwadratowym, pierwiastku średniego błędu kwadratowego oraz średnim błędzie procentowym – las losowy osiągnął lepsze wyniki. Te rezultaty sugerują, że w kontekście analizowanych danych, które mogą charakteryzować się większą nieliniowością lub zróżnicowaniem, lasy losowe okazują się być bardziej efektywnym narzędziem do estymowania cen nieruchomości niż regresja liniowa.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono histogramy rozkładu błędu procentowego średniej wartości bezwzględnej dla obu modeli predykcyjnych.

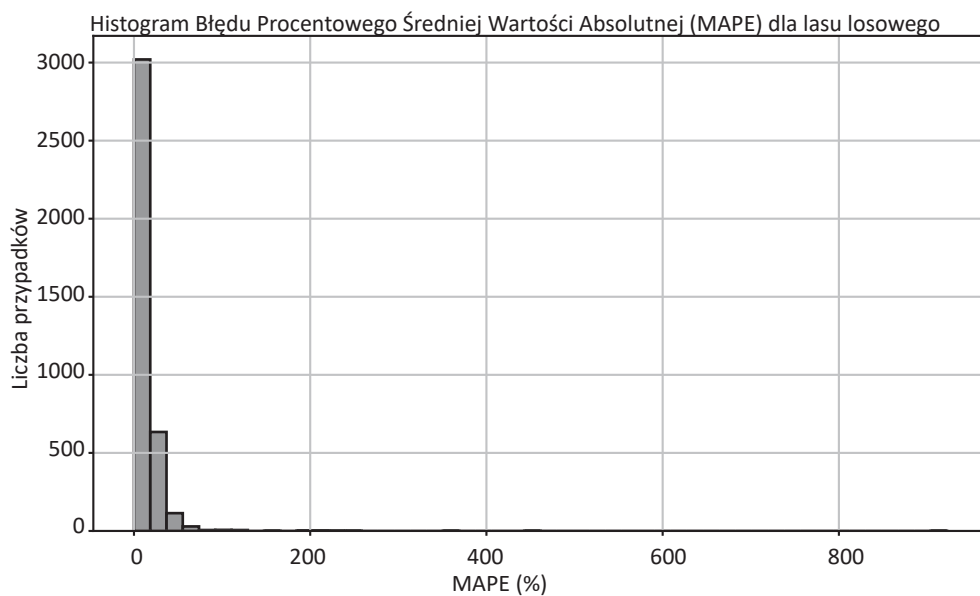
Na podstawie przedstawionych histogramów błędu procentowego średniej wartości absolutnej (MAPE) dla dwóch modeli predykcyjnych – regresji liniowej i lasu losowego – można zaobserwować znaczące różnice w dokładności tych metod. Histogram dla regresji liniowej pokazuje szerszy rozkład błędów z większą liczbą obserwacji o wyższym MAPE, co wskazuje na mniej spójne i często gorsze wyniki predykcji. Histogram dla lasu losowego pokazuje znacznie węższy zakres błędów, gdzie większość wartości koncentruje się w niższych przedziałach MAPE. Wynika z tego, że las losowy jest bardziej skuteczny w minimalizowaniu błędów i zapewnia bardziej niezawodne oraz dokładne oszacowania cen nieruchomości. Spośród możliwych 3826 estymacji ponad 3000 mieści się w najniższym przedziale błędu MAPE.

Te wyniki potwierdzają wyższą efektywność lasów losowych w kontekście modelowania cen nieruchomości, co jest zgodne z wcześniejszą analizą wskazującą na ich lepsze ogólne wyniki w porównaniu do regresji liniowej.



Rys. 5. Histogram błędu bezwzględnego w procentach dla liniowej regresji

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.



Rys. 6. Histogram błędu bezwzględnego w procentach dla lasu losowego

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

8. Zakończenie

Na podstawie przeprowadzonego badania można wnioskować, że metody prognozowania, a zwłaszcza uczenie maszynowe, wykazują znaczący potencjał w dziedzinie wyceny nieruchomości, opierając się na rzeczywistych transakcjach. Las losowy, osiągając R^2 na poziomie około 71%, potwierdza swoją zdolność do przewidywania zmienności cen nieruchomości na podstawie dostępnych danych. Ponadto średni błąd bezwzględny rzadko przekracza 13%, co świadczy o precyzji prognoz tego modelu.

Oba analizowane modele oparto na metodzie GridSearchCV do optymalizacji parametrów, co zaowocowało uzyskaniem najlepszych możliwych wyników. Pomimo gorszych rezultatów regresji liniowej należy zauważyć, że jej efektywność może być ograniczona w przypadku szerokich obszarów, takich jak całe miasto. Warto podkreślić, że rynek nieruchomości ma charakter lokalny, co może wymagać rozwoju modeli dedykowanych do estymacji cen na poziomie mniejszych obszarów np. poszczególnych osiedli. Skuteczność takich modeli zależy od dostępu do aktualnych cen transakcyjnych oraz starannego oczyszczania danych z nadzwyczajnych odchyżeń.

Wyniki przeprowadzonych badań mają istotne implikacje zarówno dla nauki, jak i praktyki. Z naukowego punktu widzenia poszerzają one wiedzę na temat zastosowania zaawansowanych metod uczenia maszynowego w wycenie nieruchomości. Z praktycznego punktu widzenia, badania dostarczają narzędzi, które mogą znacząco usprawnić ten proces, minimalizując subiektywizm. Ujednoczenie skali oceny standardu nieruchomości mogłoby dodatkowo poprawić jakość predykcji, ułatwiając porównywalność wyników. Takie podejście zwiększa precyzję prognoz i pozwala na dokładniejszą ocenę wartości nieruchomości w kontekście lokalnych rynków. Ponadto wzbogacenie analiz o nowe zmienne i nowoczesne techniki regresji mogłoby jeszcze bardziej podnieść trafność i dokładność wycen.

Literatura

- Amron. (b.d.). *O systemie*. Amron.pl. Pobrano z <https://www.amron.pl/strona.php?tytul=o-systemie>
- Biau, G., i Scornet, E. (2016). A Random Forest Guided Tour. *Test*, (25), 197-227.
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The Coefficient of Determination R-squared is More Informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in Regression Analysis Evaluation. *PeerJ Computer Science*, (623). <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>
- Cymerman, R. i Cymerman, J. (2024). *Wycena nieruchomości*. Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej.
- Korenik, S. i Zakrzewska-Póttorak, A. (2021). *Nieruchomości i ich wycena*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Kucharska-Stasiak, E. (2006). *Nieruchomości w gospodarce rynkowej*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Malec, T. i Stachura E. (2006) *Nieruchomości – proces inwestycyjny*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowości i Finansów.
- Pingouin. (b.d.). *Guidelines*. Pingouin-stats.org. Pobrano z <https://pingouin-stats.org/build/html/guidelines.html>

- Sabourin, A. (2021). *Extreme Value Theory and Machine Learning*. Doctoral dissertation, Institut Polytechnique de Paris.
- Scikit-Learn. (b.d.). *GridSearchCV*. Scikitlearn.org. Pobrano z https://scikitlearn.org/stable/modules/generated/sklearn.model_selection.GridSearchCV.html
- Serrano, L. G. (2022). *Machine Learning*. Manning Publications Co., 71-72.
- Shaw, R. G., i Mitchell-Olds, T. (1993). ANOVA for Unbalanced Data: An Overview. *Ecology*, 74(6), 1638-1645.
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (Dz. U. 20240.1061 t.j., art. 46)

Comparison of the Quality of Forecasting Models Based on Transaction Prices of Residential Real Estate in Wrocław

Abstract: The study focuses on comparing the effectiveness of machine learning methods, such as random forests, and linear regression in the context of residential property valuation based on transactional data. The main objective of the research is to evaluate the ability of these methods to accurately forecast property prices. The article begins with a theoretical introduction to property valuation, discussing definitions and existing approaches in Poland. Subsequently, the empirical study assumptions are presented, including a detailed description of the dataset and variables used. The analysis focuses on the residential market in Wrocław from 2014 to 2023. The GridSearchCV method was employed to optimise the parameters of predictive models. The findings of the study demonstrate significant potential in nonlinear models for property price estimation, emphasising the importance of proper hyperparameter calibration before estimation begins.

Keywords: real estate, property valuation, forecasting models, machine learning, linear regression, random forest, ANOVA, hyperparameters, GridSearchCV

Małgorzata Hauke

e-mail: 175743@student.ue.wroc.pl

gosiahau@gmail.com

ORCID: 0009-0004-7754-4855

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Rzeczywistość rozszerzona (*Extended Reality*) w świadomości społeczeństwa w świetle przeprowadzonych badań empirycznych

DOI: 10.15611/2024.80.2.05

JEL Classification: L860, M290, O310

@ 2024 Małgorzata Hauke

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Hauke, M. (2024). Rzeczywistość rozszerzona (*Extended Reality*) w świadomości społeczeństwa w świetle przeprowadzonych badań empirycznych. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 63-78). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Rzeczywistość rozszerzona – *Extended Reality* (XR) jest pojęciem obejmującym zarówno rzeczywistość wirtualną (VR), rzeczywistość rozszerzoną (AR), jak i rzeczywistość mieszaną (MR). XR zyskuje na popularności w różnych sektorach, w tym w edukacji, przemyśle, medycynie, rozrywce i marketingu. W artykule opisano każdą z trzech technologii oraz przeanalizowano przykłady do każdej z nich. Następnie, na podstawie badania ankietowego, zbadano świadomość społeczeństwa w zakresie znajomości i wykorzystania rozszerzonej rzeczywistości *Extended Reality*. Pomimo że u większości ankietowanych nie jest to wiedza dokładna lub specjalistyczna, odpowiedzi zebrane w ankiecie potwierdzają, że społeczeństwo zna, używa lub jest zainteresowane technologiami rzeczywistości wirtualnej, rzeczywistości rozszerzonej oraz rzeczywistości mieszanej.

Słowa kluczowe: *Extended Reality* (XR), rzeczywistość wirtualna (VR), rzeczywistość rozszerzona (AR), rzeczywistość mieszaną (MR), świadomość społeczeństwa

1. Wstęp

Technologia informacyjna dostarcza coraz to nowe rozwiązania sprzętowo-programowe, które mogą być wykorzystywane w wielu branżach i dziedzinach społeczeństwa informacyjnego. Odgrywają one istotną rolę w społeczeństwie, wpływając na różne aspekty życia ludzi. Znajdują zastosowanie m.in.: w handlu detalicznym, usługach finansowych, turystyce, edukacji, rozrywce oraz wielu innych sektorach gospodarki. Prowadzenie działalności internetowej przez firmę jest obecnie konieczne. Nie tylko przynosi większe zyski, ale również buduje rozpoznawalność marki

i pokazuje przedsiębiorstwo jako nastawione na potrzeby klientów. Jednak przez wzmożoną konkurencję musi ono używać coraz nowszych technologii, aby przyciągnąć klientów.

Jedną z nowoczesnych technologii, która zyskuje coraz większe uznanie, jest *Extended Reality* (XR). Znana jest ona najbardziej z rzeczywistości wirtualnej (VR), ale w jej skład wchodzi również rzeczywistość rozszerzona (AR) i rzeczywistość mieszana (MR). Każda z tych technologii różni się między sobą, jednak wszystkie mają na celu wytworzenie cyfrowych efektów, które pozwalają użytkownikom na zetknięcie się z wytworzonym komputerowo światem. Technologia ta ma wiele zastosowań w e-biznesie.

Celem artykułu jest przedstawienie na podstawie badania ankietowego świadomości społeczeństwa w zakresie rzeczywistości rozszerzonej – *Extended Reality*, i przyszłości wykorzystywania technologii XR w biznesie elektronicznym. Może przyczynić się ona do unowocześnienia prowadzenia m.in. biznesu elektronicznego, oferując potencjalnym użytkownikom dostęp do wizualizacji informacji i skuteczniejszego pozyskania wiedzy.

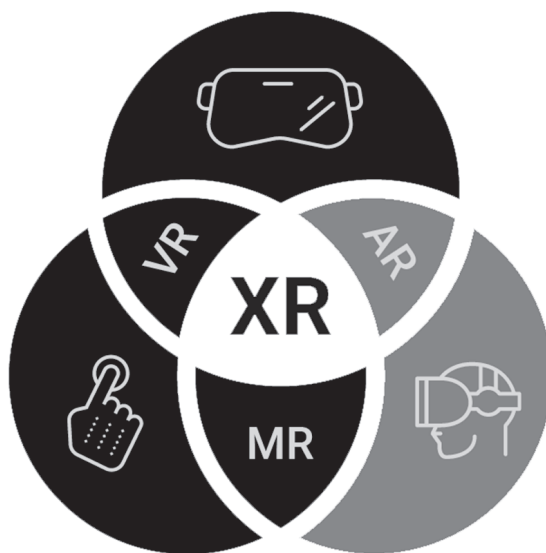
Struktura artykułu jest następująca. W następnym rozdziale została przedstawiona ogólna systematyzacja rzeczywistości rozszerzonej XR. W kolejnym, przedstawiono trzy przypadki użycia rzeczywistości wirtualnej. Kluczowe z punktu widzenia realizacji celu artykułu są kolejne dwa podrozdziały. W jednym dokonano charakterystyki badania ankietowego przeprowadzonego na respondentach, które miało określić, jak rozumieją oni zagadnienie rzeczywistości rozszerzonej. W kolejnym przedstawiono wybrane najważniejsze wnioski wynikające z ankiet, które określają kierunek rozwoju rzeczywistości rozszerzonej. Artykuł kończy rozdział *Zakończenie*.

2. Charakterystyka rzeczywistości rozszerzonej *Extended Reality* (XR)

Rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona i rzeczywistość mieszana są w literaturze angielskojęzycznej ogólnie określane jako XR (ang. *Extended Reality*). Termin ten w dosłownym tłumaczeniu oznacza „rzeczywistość rozszerzoną”, jednak w Polsce rzadko używa się tego skrótu ze względu na problemy z tłumaczeniem. Określenie „rzeczywistość rozszerzona” jest już stosowane w przypadku *Augmented Reality*, znanej jako AR. Jest to spowodowane problematycznym tłumaczeniem słów *augmented* i *extended*, które w obu przypadkach można przetłumaczyć w języku polskim na „rozszerzona”.

W zakres *Extended Reality* wchodzi (Casini, 2022) (zob. rys. 1):

- rzeczywistość wirtualna (ang. *Virtual Reality*, VR),
- rzeczywistość rozszerzona (ang. *Augmented Reality*, AR),
- rzeczywistość mieszana (ang. *Mixed Reality*, MR).



Rys. 1. Diagram technologii VR, AR i MR

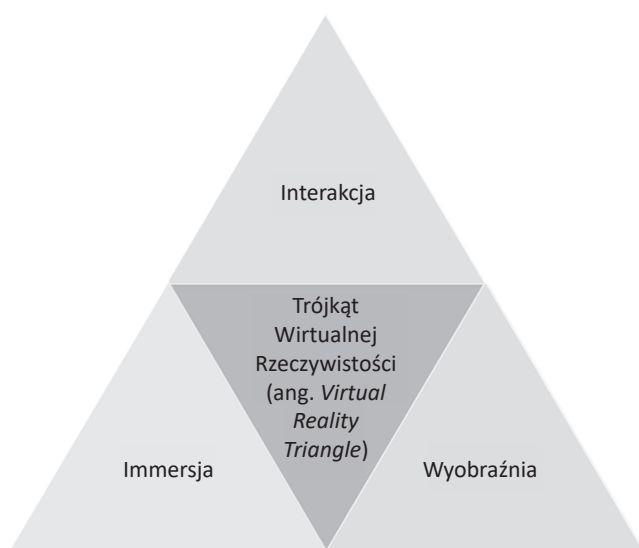
Źródło: (Avatar Partners, b.d.).

Rzeczywistość wirtualna, określana również często skrótem VR od swojej angielskiej nazwy *Virtual Reality*, jest obecnie coraz bardziej popularnym konceptem. Technologia ta pozwala na wykorzystanie IT do tworzenia wirtualnego świata wokół użytkownika, całkowicie zastępując jego pole widzenia. Za pomysłodawcę terminu *Virtual Reality* uważa się Jaron Laniera (Platforma Przemysłu Przyszłości, b.d.). Według Steve’a Brysona (2013) rzeczywistość wirtualna to nowy paradygmat interfejsu, używany przez komputery do stworzenia efektu świata trójwymiarowego, w którym może dojść do bezpośredniej interakcji z wirtualnymi przedmiotami. Podobną definicję sformułował Daniel Guttentag (2010), dodając, że poruszanie się i interakcja w tym świecie, jest możliwa dzięki stymulacji jednego z pięciu ludzkich zmysłów – wzroku. Można zauważyć, że określenie „rzeczywistość wirtualna” zawiera w sobie pewną sprzeczność, ponieważ składa się z dwóch wykluczających się pojęć. Z jednej strony słowo „rzeczywistość” powinno odnosić się do realnie istniejących stanów, jednak z drugiej, słowo „wirtualna” wskazuje na ich pozorny, potencjalny, a także niematerialny charakter (Kęsy, 2014). Większość ludzi instynktownie rozumie pojęcie rzeczywistości wirtualnej. Badacze tej dziedziny uznają, że wirtualna rzeczywistość posiada trzy kluczowe cechy, które są podkreślane w niemal każdej definicji. Są to: interakcja, immersja oraz wyobraźnia. Pojęcia te składają się na Trójkąt Wirtualnej Rzeczywistości lub Trójkąt VR (zob. rys. 2). Interakcja jest to możliwość oddziaływania użytkownika na środowisko VR. Pozwala ona na możliwość reakcji z obiektami wytworzonym w trójwymiarowym świecie, takimi jak

przenoszenie obiektów lub zmiana ich stanu, wyglądu i właściwości. Użytkownik ma w pewnym stopniu kontrolę nad światem mu zaoferowanym.

Immersja to określenie wyrażające odczucie, gdy użytkownik „zanurza się” w wirtualnym świecie. Łączy się ono z ograniczeniem odbierania bodźców ze świata rzeczywistego w znaczeniu ogólnym, ponieważ w pewnym stopniu są one zastępowane przez bodźce ze świata cybernetycznego.

Wyobraźnia to zdolność wytworzenia w myślach rozmaitych obrazów przez ludzki mózg. Jej poziom zależy indywidualnie od każdego człowieka i wpływa na intensywność doznań użytkowników w wirtualnym świecie (Grajewski, 2017).



Rys. 2. Trójkąt Wirtualnej Rzeczywistości

Źródło: opracowanie na podstawie (ReserchGate, 2022).

Rzeczywistość rozszerzona, do opisanego której często używa się również skrót AR od angielskiej nazwy *Augmented Reality*, jest często poruszana przy mówieniu o rzeczywistości wirtualnej. Jest to technologia łącząca dwa światy, wirtualny i rzeczywisty, przez co uznawana jest za „stan przejściowy” pomiędzy światem rzeczywistym a środowiskiem wirtualnym (Kęsy, 2016). Tłumaczenie nazwy AR w języku polskim jest w pewnym stopniu zwodnicze. Angielskie określenie *Augmented Reality* tłumaczy się jako rzeczywistość rozszerzoną. Jednak termin *Extended Reality*, skracany do skrót XR, bezpośrednio przetłumaczony, również oznacza rzeczywistość rozszerzoną, ale w przeciwieństwie do AR XR używane jest do określenia wszystkich rzeczywistości cyfrowych, czyli VR, AR i MR jednocześnie jako grupy technologii. Pojęcie *Augmented Reality* po raz pierwszy zostało użyte 1990 roku przez naukowca pracującego w lotnictwie – Toma Caudella. Stworzył on wspólnie

z Davidem Mizellem system, który wyświetlał instrukcje okablowania samolotu. Jego celem było zastąpienie tradycyjnego rozwiązania, jakim była tablica, na której prezentowany był schemat wykorzystujący rzeczywiste przewody (AR Solutions, 2018). Generowane w tej technice komputerowej elementy wizualne są odbierane przez zmysły człowieka, który może w pewien sposób dokonać z nimi integracji. Utworzone elementy nie zastępują świata wokół, ale z nim współistnieją poprzez nałożenie efektów cyfrowych na środowisko fizyczne otaczające użytkownika. Muszą one z dużą dokładnością integrować się ze światem realnym. Te dodatki do świata realnego często bywają elementami informacyjnymi lub estetycznymi, mającymi formę tekstową, modelową (często w postaci 3D), schematyczną oraz pliku multimedialnego. Proces ten powinien zachodzić w czasie rzeczywistym, jednak dodane elementy zwykle są statyczne (Kęsy, 2017). Systemy rozszerzonej rzeczywistości wymagają zastosowania specjalnego sprzętu oraz oprogramowania. Wśród podstawowych komponentów tych systemów wymienia się:

- urządzenia wyświetlające przetworzony obraz;
- program, który przetwarza dane;
- technologie do zbierania informacji i rozpoznawania otaczającego środowiska.

Rzeczywistość mieszana, opisywana również skrótem MR od angielskiej nazwy *Mixed Reality*, jest pojęciem, które często pojawia się przy rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej. Podobnie jak rzeczywistość rozszerzona, MR łączy treści cyfrowe z rzeczywistym światem, przez co oba terminy okazjonalnie są używane zamiennie lub mylone. Według obecnie funkcjonujących definicji i podziałów obie rzeczywistości przedstawiane są jako dwa oddzielne koncepty. Wiele aspektów rzeczywistości mieszanej jest uznawanych za elementy rzeczywistości rozszerzonej, mimo tego że niektóre aspekty tych technologii przenikają się (TechLib, b.d.). Na stronie Microsoft można znaleźć opinie specjalistów, że MR to punkt na spektrum technologii cyfrowych, który znajduje się idealnie pomiędzy światem fizycznym a światem digitalnym. Dlatego MR jest uważana jako krok w ewolucji pomiędzy relacjami człowieka, środowiska a komputera (Microsoft, 2023). Technologia MR pozwala na integrację obrazów, filmów czy modeli 3D, które są wygenerowane cyfrowo z rzeczywistym otoczeniem. Termin „rzeczywistość mieszana” został wprowadzony w 1994 roku przez Paula Milgrama i Fumio Kishino. Od tego czasu zastosowanie rzeczywistości mieszanej zwiększyło się i obejmuje (Milgram i Kishino, 1994):

- zrozumienie środowiska,
- zachowanie człowieka (śledzenie dłoni, śledzenie wzroku i wprowadzanie mowy),
- dźwięk przestrzenny,
- lokalizację i pozycjonowanie w przestrzeniach fizycznych oraz wirtualnych,
- współpracę przy organizacji zasobów 3D w przestrzeni rzeczywistości mieszanej.

Podstawową różnicą pomiędzy technologiami MR a VR czy AR jest poziom interaktywności oraz integracji. Według założeń, rzeczywistość mieszana jest bardziej interaktywna w porównaniu do rzeczywistości rozszerzonej, ale jednocześnie nie po-

chłania użytkownika całkowicie jak technologia VR. Rzeczywistość mieszana zakłada, że użytkownik będzie dokonywał kontaktu z elementami cyfrowymi w tej technologii, a elementy będą reagowały adekwatnie do działań, którym są poddane. Innymi słowy, elementów w technologii MR można w pewnym sensie „dotknąć” (rys. 3).



Rys. 3. Interaktywność technologii MR

Źródło: (AugRay, b.d).

Ponieważ technologia ta obejmuje elementy dotykowe, czasami była określana jako wizualno-dotykowa rzeczywistość mieszana (ang. *Visuo-Haptic Mixed Reality*) (Cosco i in., 2013).

Technologie te łączą lub odzwierciedlają świat realny w digitalnym świecie. Okazjonalnie mówi się o „cyfrowym bliźniaku” (ang. *Digital Twin*), z którym użytkownicy zdolni są dokonywać interakcji (Tu, 2023).

3. Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości – przegląd studiów przypadków

Rozszerzona rzeczywistość (XR), która obejmuje rzeczywistość wirtualną (VR), rzeczywistość rozszerzoną (AR) i rzeczywistość mieszaną (MR), znajduje coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach. Wykorzystywana może być w edukacji, szkoleniach zawodowych, rozrywce, kulturze i sztuce, marketingu i sprzedaży, architekturze i projektowaniu wnętrz, medycynie i rehabilitacji, branży automotive, turystyce.

Nie są to wszystkie obszary zastosowania XR. Wskazane przykłady pokazują potencjał tej technologii.

Ze względu na ograniczenia zostaną omówione szczegółowiej następujące przypadki użycia:

- *case 1* – kreowanie sztuki na przykładzie Open Brush,
- *case 2* – realizacja usług na przykładzie IKEA Kreativ,
- *case 3* – edukacja na przykładzie HoloAnatomy.

Wybrane przypadki mają na celu zaprezentowanie wszechstronności wykorzystania rozszerzonej rzeczywistości (XR).

3.1. Case 1: Rzeczywistość wirtualna w kreowaniu sztuki na przykładzie Open Brush

Jednym z zastosowań wirtualnej rzeczywistości jest aplikacja Open Brush. Pierwotnie nazywała się ona Tilt Brush i została stworzona przez firmę Skillman&Hackett 5 kwietnia 2016 roku. Następnie jej głównym deweloperem zostało Google aż do 2021 roku, od kiedy przestała ona być wspierana przez firmę. Od tego momentu nazwa aplikacji została zmieniona na Open Brush i działa na zasadzie otwartego oprogramowania. Systemy operacyjne, które pozwalają na jej obsługę, to Microsoft Windows oraz PlayStation 4 (Flaherty, 2014).

Tilt Brush powstała jako aplikacja rzeczywistości wirtualnej do malowania 3D. Nie jest ograniczana przez rozmiar płótna lub kartki, ponieważ umożliwia ona tworzenie obrazu w przestrzeni wirtualnej. Przy użyciu gogli VR oraz kontrolerów ruchu użytkownicy mogą malować w przestrzeni. Poruszając rękami i kontrolując pędzel, dostają możliwość tworzenia kolorowych linii, form i obrazów. Dzięki światłu, tekstom i dźwiękom artyści mają okazję stworzyć sztukę w sposób interaktywny i immersyjny. W ten sposób tworzone są kompozycje, postacie, pejzaże i instalacje wirtualne. Można eksperymentować ze stylami, materiałami oraz technikami. Nie ma ograniczeń, co może zostać stworzone.

3.2. Case 2: Rzeczywistość rozszerzona w usłudze IKEA Kreativ

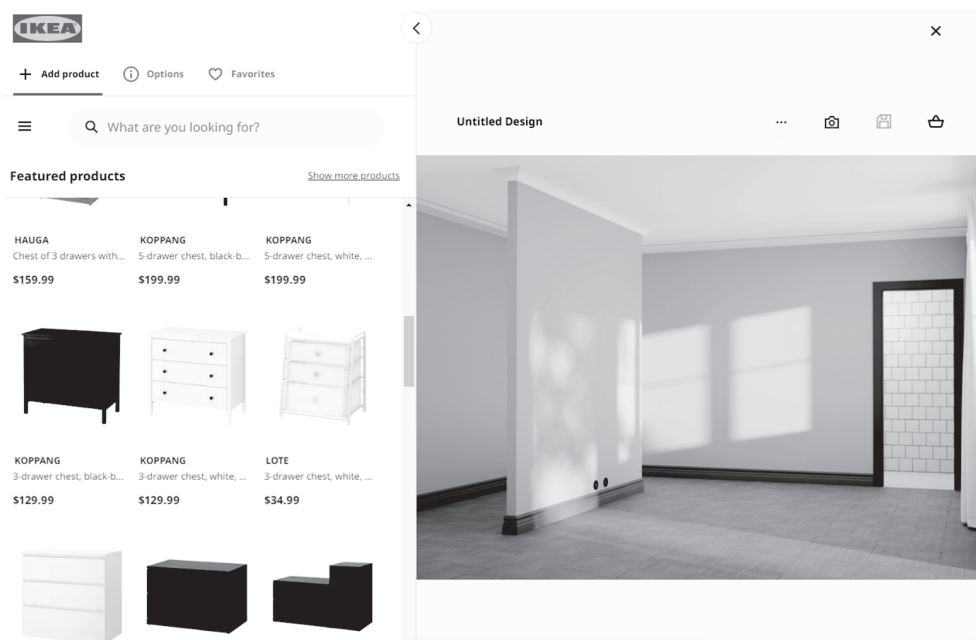
Coraz więcej aplikacji rzeczywistości rozszerzonej dostępnych jest dla posiadaczy urządzeń mobilnych. Jednym z przykładów tego typu aplikacji jest usługa IKEA Kreativ wprowadzona przez firmę IKEA. Aplikacja przeznaczona jest na urządzenia iPhone oraz iPad. Przy wykorzystaniu jednej z możliwości tych urządzeń zwanej AR-Kit pozwala ona użytkownikom na aranżację domu lub mieszkania. Dzięki użyciu kamery w smartfonie użytkownicy mogą zeskanować pomieszczenie, a następnie umieścić w nim meble z katalogu oferowanego przez sklep IKEA. Pozwala to zobaczyć, jak będą się one prezentować w przyszłości. Aplikacja reklamowana jest jako kreatywne przemeblowanie.

Proces rozpoczyna się wykonaniem serii zdjęć pomieszczenia w celu utworzenia ujęcia panoramicznego. Następnie należy wykonać ruch przypominający ósemkę

w celu uchwycenia większej liczby danych wizualnych. Po zakończeniu skanowania wytworzony zostaje obraz, który użytkownik może poprawić bezpośrednio w aplikacji, ale również na komputerze przez stronę internetową IKEA (Porter, 2022).

Aplikacja uwzględnia takie aspekty jak wymiary pomieszczenia, automatycznie zmieniając rozmiar mebli w zależności, gdzie w cyfrowym pokoju zostaną one ustawione. Dużą uwagę zwraca się na odpowiednią skalę nakładanego obiektu. Elementy na ekranie są precyzyjnie skalibrowane, aby jak najbardziej realnie oddać ich umieszczenie i wymiary. Użytkownik ma też możliwość w każdej chwili zamienić mebel na inny o podobnych rozmiarach. Wybierając wyposażenie z katalogu, istnieje możliwość jego dodania lub zmiany. W każdej chwili można dowolnie przenieść meble, obracać i dobrać do swojego upodobania. Aby idealnie dostosować projekt do gustu, użytkownik może testować kombinacje kolorów, stylów i wzorów (INGKA, 2022).

Oprócz możliwości skanowania mieszkania, twórcy aplikacji przygotowali również około 50 potencjalnych trójwymiarowych pomieszczeń, które mogą posłużyć użytkownikom jako inspiracja. Te przygotowane już modele również mogą być modyfikowane (rys. 4).



Rys. 4. Rozpoczęty projekt w IKEA Kreativ – pusty pokój

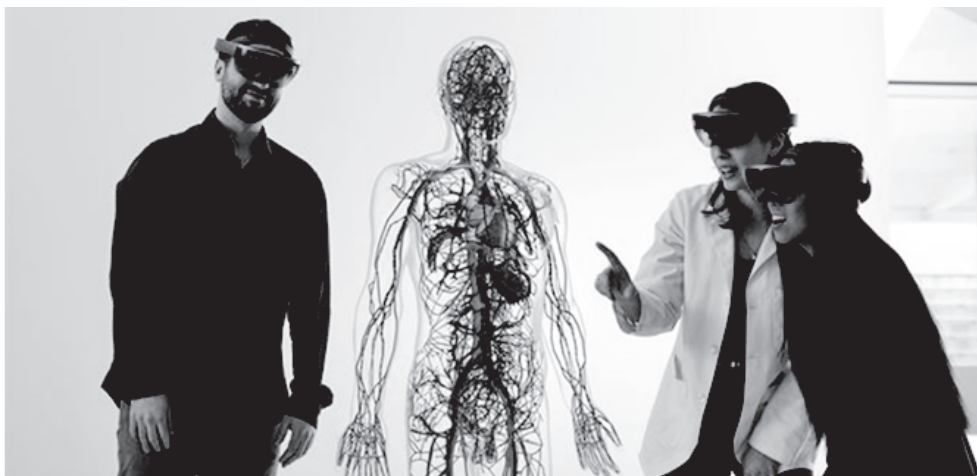
Źródło: opracowanie na podstawie (IKEA, b.d.).

IKEA Kreativ skupia się na wybranej części pomieszczenia, która została zeskanowana przez użytkownika i nie pozwala na swobodne poruszanie się po całym

pomieszczeniu. Mimo tego aplikacja lepiej ukazuje swoją wirtualną ofertę w kontekście konkretnego pomieszczenia, mierząc obiekty i upewniając się, że będą one pasować do wnętrza. Celem całego procesu jest zachęcenie do zamówienia i zakupu mebli po przejrzaniu ich wirtualnych wersji.

3.3. Case 3: Wykorzystanie rzeczywistości mieszanej na przypadku HoloAnatomy

Rzeczywistość mieszana stwarza nowe możliwości w edukacji poprzez udostępnianie innowacyjnych metod i narzędzi wspomagających proces nauczania. Jednym z przykładów jej wykorzystania jest innowacyjne narzędzie HoloAnatomy. Zostało ono stworzone przez Case Western Reserve University w celach edukacyjnych. Głównymi użytkownikami są studenci medycyny, którzy dostają możliwość nauki anatomii dzięki trójwymiarowym modelom ludzkiego ciała. Aplikacja została wprowadzona na rynek w 2016 roku. Nie posiada ograniczeń wiekowych i jest dostępna (jedynie w wersji angielskiej) do pobrania bezpłatnie poprzez stronę Microsoft. Musi być zainstalowana na urządzeniu, dlatego aby z niej skorzystać, użytkownik musi posiadać gogle MR (dokładniej Microsoft HoloLens) (MiastoGier, 2016). Aplikacja ta jest przykładem, jak rzeczywistość mieszana może być użyta w edukacji medycznej. Oferuje studentom zbadanie cyfrowego ciała ludzkiego z różnych perspektyw. Pozwala na poruszanie się wokół obrazu, przybliżanie i oddalanie elementów oraz manipulowanie cyfrowymi organami. Zobaczenie struktury anatomicznej w warstwach i przekrojach pozwala na lepsze zrozumienie ciała ludzkiego oraz ukazuje, jak jest ono złożone.



Rys. 5. Wygląd wizualizacji w HoloAnatomy

Źródło: (Microsoft, b.d.).

Rozwiązanie to może zastąpić tradycyjne metody nauki anatomii, takie jak sekcje zwłok. Jest ono znacznie bardziej dostępne i nie wymaga używania preparatów chemicznych, a jedynie technologii. Pozwala na zobaczenie struktur, organów, a nawet trudno dostępnych części wewnętrznych człowieka, takich jak przepona lub układ nerwowy i krążeniowy (Case Western Reserve University, b.d.).

Wykorzystanie technologii łączącej świat wirtualny ze światem cyfrowym sprawia, że nauka bardziej angażuje, skutkując lepszym zrozumieniem i zapamiętaniem rozmaitych aspektów, które wchodzi w skład anatomii człowieka. HoloAnatomy pozwala studentom medycyny na doświadczenie tych kwestii w sposób bardziej realistyczny, praktyczny, a przede wszystkim, mówiąc o technologii MR, interaktywny. Wszystko po to, aby przygotować przyszłych lekarzy, poprawiając ich wyniki w nauce i rozwijając przy tym umiejętności kliniczne (zob. rys. 5).

4. Badanie świadomości użytkowników w zakresie rozszerzonej rzeczywistości

Aby określić świadomość użytkowników na temat XR przeprowadzono badania wśród grupy respondentów. Badanie opiera się na założeniu, że technologie rzeczywistości wirtualnej (VR), rzeczywistości rozszerzonej (AR) i rzeczywistości mieszanej (MR) wciąż uważane są za stosunkowo nowe i dopiero zaczynają być popularne na rynku.

Istnieje kilka czynników, które mogą wpływać na popularność technologii XR (Komisja Europejska, 2021; Szymankiewicz, 2024):

- zainteresowanie technologią – ludzie młodszy oraz osoby wykorzystujące w pracy technologię są częściej bardziej świadomi istnienia nowych technologii, a także chętniej podejmują się eksperymentowania z nimi. XR oferuje potencjalnym użytkownikom interaktywne i immersyjne doświadczenia, co może bardziej przyciągać te osoby;
- dostępność i koszty – sprzęt XR, taki jak gogle czy oprogramowanie, był początkowo kosztowną inwestycją. Dlatego wiele osób, mimo że wiedziało o jej istnieniu, nigdy nie miało okazji użycia tych urządzeń. Dopiero niedawno stały się one dostępne ze względu na obniżenie cen, dlatego większa liczba osób miała okazję zapoznać się z możliwościami tych technologii;
- gry wideo – technologia XR często kojarzona jest z grami. Można powiedzieć, że to gry w dużym stopniu wpłynęły na jej rozpowszechnienie. Na rynku istnieje mnóstwo gier VR, AR i MR, które są popularne wśród graczy;
- trendy społeczne – ludzie są bardziej otwarci na nowe trendy technologiczne. Chętnie próbują lub nawet poszukają czegoś o XR, jeśli widzą, że jest to temat na czasie. Robią to z potrzeby zaistnienia w społeczeństwie i na rynku.

Można założyć, że społeczeństwo nie posiada jeszcze bardzo specjalistycznej wiedzy na temat technologii używanych w rzeczywistości rozszerzonej. Jednak osoby związane z tymi technologiami słyszały lub testowały je.

Celem badania jest odkrycie i ukazanie, jak świadome jest społeczeństwo w kwestiach istnienia oraz wykorzystania technologii XR. W efekcie postawiono trzy pytania badawcze:

1. W której grupie wiekowej technologia XR jest najbardziej popularna?
2. W jakim zakresie ludzie rozpoznają różnice pomiędzy technologiami XR?
3. Jakie zastosowanie może mieć technologia XR według społeczeństwa?

Aby znaleźć odpowiedzi na te pytania, utworzono ogólnodostępną ankietę. Kwestionariusz został utworzony za pomocą jednej z usług oferowanej przez Google, czyli Formularze Google. Aplikacja ta pozwala na utworzenie i edytowanie ankiet online, dodatkowo automatycznie tworząc wykresy ułatwiające późniejszą analizę.

Badania ankietowe, które przeprowadzane są przez Internet, ułatwiają pozyskanie dużej liczby odpowiedzi. W założeniach najlepiej mieć jak najszerzą i jak najbardziej różnorodną grupę respondentów, która nie ma ograniczeń ze względu na wiek, płeć lub miejsce zamieszkania. Link do wypełnienia ankiety został rozesłany do wielu grup respondentów reprezentowanych przez studentów, uczniów, pracowników dwóch niezależnych od siebie firm oraz kilku grup zainteresowań. Dodatkowo link do kwestionariusza został umieszczony na grupach społecznościowych, głównie w serwisie Facebook, i był dostępny do wypełniania dla zainteresowanych. Ponieważ badanie zostało przeprowadzone przez Internet, założono, że pierwszym określeniem opisującym grupę respondentów są użytkownicy Internetu. Należy też wspomnieć, że ankietę utworzono w języku polskim, co ograniczyło zasięgi międzynarodowe. Ze względu na świadomość, że wiele osób nie ma czasu na wypełnianie długich i skomplikowanych ankiet, format pytań to pytania zamknięte, jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru. Niektóre pytania jednak posiadały miejsce na komentarz wypełniającego.

Pytania merytoryczne rozpoczynają się od zapytania, czy użytkownik kiedykolwiek słyszał o rzeczywistości wirtualnej (VR), rzeczywistości rozszerzonej (AR) i rzeczywistości mieszanej (MR). Następnie zadawane są pytania bardziej konkretne, dotyczące użytkowania, preferencji, możliwych korzyści oraz zagrożeń, jakie ankietowani widzą w tych technologiach. Starano się, żeby założenia ankiety były elastyczne i zależne do specyfiki badania. Ankietę utworzono z uwzględnieniem różnych czynników, aby uzyskać jak najlepszą jakość danych.

Ankieta o tytule „Badanie świadomości i preferencji dotyczących rzeczywistości wirtualnej (VR), rzeczywistości rozszerzonej (AR) i rzeczywistości mieszanej (MR)” została udostępniona do wypełniania 5 czerwca 2023 roku. Badanie było anonimowe. Klikając na link, respondent wyraził zgodę na wzięcie udziału w badaniu.

Ankietowani mogli przysłać odpowiedzi przez dwa tygodnie, aż do zamknięcia ankiety, co nastąpiło 19 czerwca 2023 roku. Na udostępnioną ankietę odpowiedziało 211 osób. Przed wypełnieniem ankiety należało wypełnić krótką metryczkę, pytającą o płeć, wiek, miejsce zamieszkania oraz wykształcenie. Te kryteria zostały uznane za ważne i wartościowe w przypadku prezentowania wyników, ponieważ

pozwalają one na wgląd w odpowiadające grupy społeczne oraz ich potencjalne zainteresowanie technologiami XR. Ankieta merytoryczna składała się z 10 krótkich pytań. Są one w większości pytaniami zamkniętymi oprócz ostatniego, które jest pytaniem otwartym. W nim ankietowani mogli zostawić komentarz lub dodać coś od siebie odnośnie do całego badania. W pytaniach specjalnie unikano używania skrótu XR, ponieważ w Polsce jest on znacznie mniej popularny niż VR, AR i MR.

5. Wyniki badań jako determinanta w perspektywie i kierunku rozwoju rozszerzonej rzeczywistości

Po przeprowadzonych badaniach można wywnioskować, że analizowana grupa badawcza posiada ogólną wiedzę na temat technologii XR. Pomimo że w większości nie jest to wiedza dokładna lub specjalistyczna, odpowiedzi zebrane w ankiecie potwierdzają, że społeczeństwo zna, używa lub jest zainteresowane technologiami rzeczywistości wirtualnej, rzeczywistości rozszerzonej oraz rzeczywistości mieszanej. Koncepcja tworzenia nowych światów cyfrowych i wykorzystania ich jest ciekawa dla ludzi, przez co VR, AR i MR będą zdobywać coraz większą liczbę zwolenników. Można powiedzieć, że społeczeństwo znajduje się na początku fazy przejściowej, która wprowadza użycie technologii XR do codziennego życia.

Ciekawą obserwacją jest to, że 75% grupy ankietowanej to osoby pełnoletnie do 35. roku życia. Ta przewaga może być spowodowana dużą aktywnością tych grup wiekowych w Internecie oraz mediach społecznościowych. Mała liczba osób niepełnoletnich wśród respondentów tego badania może wiązać się z tym, że są oni bardziej aktywni w mediach społecznościowych innych niż Facebook, gdzie udostępniono ankietę (w przypadku młodzieży szkolnej najbardziej używane media społecznościowe to Instagram lub TikTok). Bardzo mała liczba osób starszych, powyżej 50. roku życia, może wynikać z mniejszej aktywności tej grupy w Internecie. Mimo małego zróżnicowania wiekowego respondentów, wciąż można wyciągnąć wnioski. Tak samo jak w przypadku innych typów technologii, im młodsza generacja, tym bardziej chętna do spróbowania nowych, pojawiających się na rynku elektronicznym. Dlatego, biorąc pod uwagę również kwestie finansowe, grupa wiekowa, w której technologie XR są najbardziej popularne, mieści się w przedziale od 18. do 26. roku życia.

Zagadnienie różnic pomiędzy technologiami jest bardziej skomplikowane. W pytaniu drugim duża część ankietowanych przyznaje, że nie rozróżnia VR, AR i MR. W pytaniu wielokrotnego wyboru, w którym mieli wybrać wszystkie technologie, z których korzystali, najwięcej odpowiedzi zyskała wirtualna rzeczywistość. Może być to spowodowane częstym używaniem terminu „VR” do ogólnego opisanie wszystkich technologii zamiast używania mało popularnego w Polsce terminu „XR”. Ze wszystkich technologii VR jest najbardziej znany, a także zostawia największe wrażenie na użytkowniku. Wymaga specjalnego sprzętu, który mimo popularyzowania tej technologii wciąż jest kosztowny.

Rzeczywistość rozszerzona jest znacznie bardziej dostępna, na przykład przy użyciu urządzenia mobilnego. Z tego względu wiele osób prawdopodobnie nie zdaje sobie sprawy, że z niej korzysta. Nie jest również tak głośno reklamowana jak VR. Podobnie jest z rzeczywistością mieszaną. Dodatkowo granice pomiędzy tymi technologiami są bardzo blisko i dlatego bardzo możliwe, że użytkownicy mają problemy z rozróżnieniem, której „rzeczywistości” używają.

W pytaniach dotyczących zastosowań poglądy ankietowanych były bardzo różne. Każda z zaproponowanych w badaniu odpowiedzi uzyskała dość dużą liczbę głosów. Respondenci widzą przyszłość XR głównie w grach, rozrywce, edukacji, projektowaniu, handlu, inżynierii i innych. Stosunkowo mała liczba widzi jej zastosowanie w biznesie. Dodatkowo ankietowani mają również swoje wizje, do czego można by użyć tych technologii i jak je wykorzystać. Oznacza to, że ludzie rozumieją potencjał technologii VR, AR i MR oraz to, że może ona być użyta w bardzo wielu przypadkach.

Na samym końcu zostawiono przestrzeń, w której ankietowani mogli wyrazić swoje opinie. Jedna osoba zaznaczyła, że ważnym aspektem, o którym nie mówi się zbyt często, są zasoby, z których powstają technologie wirtualne. Drugim bardzo ciekawym spostrzeżeniem jest obawa przed wprowadzeniem reklam i wyskakujących ogłoszeń do cyfrowej rzeczywistości.

6. Zakończenie

Extended Reality (XR) jest jedną z technologii, która zdobywa coraz większą popularność i ma bardzo obiecujące perspektywy rozwoju. Rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona oraz rzeczywistość mieszaną, które wchodzą w jej skład, wprowadzają aspekt cyfrowo generowanych elementów, a nawet całych wirtualnych środowisk. Dzięki urządzeniom takim jak gogle, kontroler czy smartfon użytkownicy mają okazję przenieść się lub wchodzić w interakcję ze światem wirtualnym, który symuluje rzeczywistość albo tworzy jej alternatywne wersje.

Postawiony cel w artykule udało się osiągnąć, mimo że w polskiej literaturze przedmiotu występują pewne problemy z nazewnictwem w przypadku pojęć, takich jak *Extended Reality* (XR) i *Argumented Reality* (AR). Problem występuje z tłumaczeniem, ponieważ obie nazwy tłumaczy się jako „rzeczywistość rozszerzona”, mimo że nie oznaczają one tego samego.

Przeprowadzenie badań zostało poprzedzone przeglądem okoliczności i zagadnień występujących w dziedzinach biznesu elektronicznego oraz technologii XR. Wykorzystano literaturę przedmiotu, czasopisma tematyczne oraz źródła internetowe na ten temat. Przeanalizowano również szereg przypadków zastosowań VR, AR i MR. Zrobiono również badanie ankietowe w grupie 211 respondentów.

Celem badań ankietowych było ustalenie, jaką wiedzę posiada społeczeństwo o istnieniu oraz wykorzystaniu technologii XR. Dlatego postawiono trzy pytania badawcze, mające na celu ustalenie, w której grupie wiekowej technologia XR jest najbardziej popularna, w jakim zakresie ludzie rozpoznają różnice pomiędzy tech-

nologiami XR oraz jakie zastosowanie może mieć technologia XR według preferencji społeczeństwa.

Ograniczenia przeprowadzonych badań można ująć w trzech płaszczyznach: nowości technologii XR, trudności w mierzeniu skuteczności i ograniczona dostępność próby badawczej. Nowa technologia XR może prowadzić do euforii z powodu swojej nowości na rynku, przez co ciężko znaleźć jej użytkowników, czyli ankietowanych do badania. Trudno jednoznacznie zmierzyć efekty jej skuteczności. Społeczeństwo może mieć różne wizje wykorzystania jej w danych obszarach. Dodatkowo z racji nowej technologii niewielki procent społeczeństwa potrafi jednoznacznie identyfikować rozszerzoną rzeczywistość w poprawnym zakresie odnoszącym się do XR.

We wstępnych założeniach badań ankietowych przewidywano, że społeczeństwo nie jest zaznajomione z technologiami XR. Wyniki jednak pokazały, że ankietowani, mimo że nie zawsze potrafili określić różnice pomiędzy tymi technologiami, wiedzą o ich istnieniu i są zainteresowani ich możliwościami. Należy też zauważyć, że technologie VR, AR i MR wciąż uważane są za dość nowe i dopiero niedawno stały się bardziej dostępne na rynku dla konsumentów.

Ze względu na możliwości technologie te coraz częściej wykorzystywane są w biznesie elektronicznym, przynosząc korzyści nie tylko firmom, ale również klientom. Potencjalni klienci będą mogli obejrzeć wizualizacje produktu z uwzględnieniem najdrobniejszych szczegółów. To może zwiększyć ich zaangażowanie w proces zakupowy, a także pomóc w podjęciu bardziej świadomych decyzji zakupowych. Dodatkowo wirtualne sklepy stworzone z użyciem technologii XR mogą bardziej oddziaływać na zmysły klientów poprzez tworzenie bardziej realistycznych doświadczeń. Nie ogranicza się to jedynie do sklepów, ale również do miejsc podróży, restauracji i wielu innych.

Najważniejszymi aspektami tych technologii jest immersja, integracja i personalizacja. Pomagają one wprowadzić działalności biznesowe wielu firm na wyższy poziom, pozwalając przy tym na wytworzenie w kliencie niezapomnianych doświadczeń.

Rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona i rzeczywistość mieszana przynoszą wiele korzyści, jednak samo wdrożenie tej technologii do biznesu nie jest łatwe. Wymagane jest właściwe planowanie, inwestycje w infrastrukturę oraz dostosowanie strategii biznesowych. Technologia ta, mimo że staje się coraz bardziej powszechna, wciąż niesie za sobą wyzwania w postaci znaczących kosztów oraz ogólnej dostępności.

Wartością dodaną dla nauki i praktyki wynikającą z badań jest ustawiczne propagowanie wiedzy w zakresie rozszerzonej rzeczywistości. W warstwie naukowej jest to uporządkowanie i właściwe rozumienie pojęć stanowiących składowe XR, jakimi są VR, AR i MR. Badania wskazują na zbyt pochopne utożsamianie XR z AR. W warstwie praktycznej należy propagować wiedzę z zakresu XR w taki sposób, aby społeczeństwo wiedziało, z czym ma do czynienia.

W kolejnym etapie prac badawczych należałoby powtórzyć badania i porównać ich wyniki z aktualnymi. Dobrze by było w nich uwzględnić ograniczenia tech-

nologiczne, wyraźnie podkreślić znaczenie XR i AR, które szczególnie w literaturze polskiej określane są wręcz identycznie. Sugerowane jest również opisanie w przyszłych badaniach elementów etycznych wynikających z użycia technologii XR.

Ostatecznie jednak, jak pokazały przeprowadzone badania, opinia ludzi o tych rozwiązaniach jest pozytywna. Dlatego najprawdopodobniej wraz z jej rozwojem e-biznes będzie miał większe możliwości innowacji i tworzenia wyjątkowych oraz niepowtarzalnych doświadczeń dla klientów.

Literatura

- AR Solutions. (2018). *Krótką historią rzeczywistości rozszerzonej*. Arsolution.pl. Pobrano 21 listopada 2024 z <https://arsolutions.pl/krotka-historia-rzeczywistosci-rozszerzonej/>
- AugRay. (b.d.). *What Is Mixed Reality (MR) – The Concept & Implementation*. Augray.com. Pobrano 4 kwietnia 2023 z <https://www.augray.com/blog/what-is-mixed-reality/>
- Avatar Partners. (b.d.). *AR & VR Solutions*. Avatarpartners.com. Pobrano 20 kwietnia 2024 z <https://avatarpartners.com/solutions/ar-mr/>
- Bryson, S. (2013). *Virtual Reality: A Definition History – A Personal Essay*. NASA Ames Research Center. Case Western Reserve University. (b.d.). *HoloAnatomy Software Suite*. Case.edu. Pobrano 21 maja 2023 z <https://case.edu/holoanatomy/>
- Casini, M. (2022). Extended Reality for Smart Building Operation and Maintenance: A Review. *Energies*, 15(10), 3785. <https://doi.org/10.3390/en15103785>
- Cosco, F., Garre, C., Bruno, F., Muzzupappa, M., i Otaduy, M. A. (2013). Visuo-Haptic Mixed Reality with Unobstructed Tool-Hand Integration. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(1). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.107>
- Flaherty, J. (2014, 19 listopada). *A Wild Look at What It's Like to Paint Inside Oculus Rift*. Wired.com. Pobrano 5 maja 2023 z <https://www.wired.com/2014/11/tilt-brush-could-be-photoshop-for-the-oculus-rift-era/>
- Grajewski, D. (2017). *Badanie interakcji dotykowej w rzeczywistości wirtualnej z zastosowaniem robota typu Delta*. Rozprawa doktorska, Poznań.
- Guttentag, D. (2010). *Virtual Reality: Applications and Implications for Tourism*. University of Waterloo.
- IKEA. (b.d.) *Design a Space You Love with IKEA Kreativ*. Ikea.com. Pobrano 16 maja 2023 z <https://www.ikea.com/us/en/home-design/>
- INGKA. (2022). *IKEA Launches New AI-powered Experience; IKEA Kreativ*. Ingka.com. Pobrano 21 maja 2023 z <https://www.ingka.com/news/ikea-launches-new-ai-powered-experience-empowering-customers-to-create-lifelike-room-designs/>
- Kęsy, M. (2017). Poszerzona rzeczywistość w edukacji. *Dydaktyka Informatyki*, (12).
- Kęsy, M. (2016). Rozszerzona rzeczywistość w praktyce inżynierskiej oraz kształceniu technicznym. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 2(16).
- Kęsy, M. (2014). Rzeczywistość wirtualna w procesie kształcenia technicznego. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 5(2).
- Komisja Europejska. (2021). *Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy*. Pobrano 22 maja 2023 z <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/policies/extended-reality>
- MiastoGier.pl. (2016). *Microsoft HoloLens zmierza do Europy*. Miastogier.pl. Pobrano 21 maja 2023 z <https://www.miastogier.pl/wiadomosc,35520.html>

- Microsoft. (2023, 27 marca). *Get Started with Mixed Reality*. Learn.microsoft.com. Pobrano 4 kwietnia 2023 z <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/get-started-with-mr>
- Microsoft. (b.d.). *HoloAnatomy*. Microsoft.com. Pobrano 21 maja 2023 z <https://www.microsoft.com/en-us/p/holoanatomy/9nblggh4ntd3?activetab=pivot:regio-nofsystemrequirementstab>
- Milgram, P., i Kishino F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, 12(12)
- Platforma Przemysłu Przyszłości. (b.d.). *Term: Wirtualna rzeczywistość*. Elearning.przemyslprzyszlosci.gov.p Pobrano 21 listopada 2024 z <https://elearning.przemyslprzyszlosci.gov.pl/slownik-pojec/wirtualna-rzeczywistosc/>
- Porter, J. (2022). *Ikea's New Virtual Design Tool Deletes your Furniture and Replaces it with Ikea's*. Theverge.com. Pobrano 14 maja 2023 z <https://www.theverge.com/2022/6/22/23178125/ikea-kreativ-room-scanner-ios-app-virtual-furniture-showroom>
- ReserchGate. (2022). *The Triangle of VR Technology*. Researchgate.net. Pobrano 2 marca 2023 z https://www.researchgate.net/figure/The-triangle-of-VR-technology_fig5_359863855
- Szymankiewicz, K. (2024, 28 sierpnia). *Zobacz, jak powstają największe hity TVN: „Na Wspólnej”, „Listy do M.” w rozszerzonej rzeczywistości*. Cozatydzien.tvn.pl. Pobrano 22 września 2024 z <https://cozatydzien.tvn.pl/cykle/tvn-testuje-rozszerzona-rzeczywistosc-w-studio-xr-zobacz-jak-powstaja-najwieksze-hity-tvn-na-wspolnej-listy-do-m-st8060853>
- TechLib. (b.d.). *Mieszana rzeczywistość*. Tech-lib.net. Pobrano 4 kwietnia 2024 z https://tech-lib.net/definition/mixed_reality.html
- Tu, X. (2023). *TwinXR: Method for Using Digital Twin Descriptions in Industrial eXtended Reality Applications*. *Frontiers in Virtual Reality*, (4). <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1019080>

Extended Reality (XR) in Public Awareness Resulting from Empirical Research

Abstract: Extended Reality (XR) is a term that encompasses both virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR). XR is gaining popularity in various sectors, including education, industry, medicine, entertainment, and marketing. In this article, each of the three technologies is described and examples of each are analyzed. Then, based on a survey, the public's awareness of the knowledge and use of Extended Reality (XR) was examined. Although most of the respondents do not have detailed or specialist knowledge, the responses collected in the survey confirm that the public knows of, uses, or is interested in virtual reality, augmented reality, and mixed reality technologies.

Keywords: extended reality (XR), virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), public awareness

Wojciech Kowalski

e-mail: 189792@student.ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0004-2200-8553

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Sztuczna inteligencja w zarządzaniu bezpieczeństwem masowych imprez. Identyfikacja potencjalnych zagrożeń, takich jak terroryzm i zamieszki

DOI: 10.15611/2024.80.2.06

JEL Classification: C61

@ 2024 Wojciech Kowalski

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Kowalski, M. (2024). Sztuczna inteligencja w zarządzaniu bezpieczeństwem masowych imprez. Identyfikacja potencjalnych zagrożeń, takich jak terroryzm i zamieszki. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 79-91). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: W artykule omówiono zastosowanie sztucznej inteligencji (SI) w zarządzaniu bezpieczeństwem imprez masowych. Bezpieczeństwo na wydarzeniach tego typu jest kluczowe ze względu na ryzyko zamieszek lub terroryzmu. SI może wspierać służby porządkowe poprzez analizę danych w czasie rzeczywistym i przewidywanie potencjalnych zagrożeń. W opracowaniu przedstawiono technologie, takie jak rozpoznawanie twarzy, zarządzanie tłumem oraz wykrywanie niebezpiecznych przedmiotów.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, imprezy masowe, rozpoznawanie twarzy, wykrywanie przedmiotów, zarządzanie tłumem

1. Wstęp

Bezpieczeństwo jest kluczowym aspektem podczas organizacji imprez i wydarzeń masowych, takich jak koncerty, festiwale czy zgromadzenia publiczne. Terroryzm i zamieszki podczas takich przedsięwzięć stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa, często prowadząc do utraty zdrowia lub życia ich uczestników. Mogą się także przyczynić do powszechnego chaosu i utrudnienia działania służb porządkowych.

Zamieszki we Francji w 2005 r. stanowią przykład tego, jak zachowania masowe mogą rozwijać się w sposób nieprzewidywalny i stawać się nie do opanowania przez organy porządkowe lub rząd (Bonnasse-Gahot i in., 2018). Badania podkreślają wieloaspektowy charakter terroryzmu, definiując go jako przemoc lub groźbę mającą na celu wzbudzenie strachu i bodziec do wszczęcia alarmu (Gassebner i Luechinger, 2011). Zrozumienie dynamiki i konsekwencji takich zdarzeń może mieć kluczowe

znaczenie dla skutecznego zarządzania bezpieczeństwem imprez masowych, szczególnie jeśli zostaną wykryte w ich początkowych fazach rozwoju.

Sztuczna inteligencja (SI) odnosi się do zdolności systemów komputerowych do wykonywania zadań, które normalnie wymagają ludzkiej inteligencji, jak rozpoznawanie obrazów, przetwarzanie języka czy podejmowanie decyzji (Chollet, 2019). W kontekście bezpieczeństwa imprez masowych SI może być wykorzystywana do analizy danych z monitoringu w czasie rzeczywistym i przewidywania potencjalnych zagrożeń. Monitoring oparty na SI umożliwi szybszą i bardziej efektywną reakcję na sytuacje kryzysowe.

Celem niniejszego artykułu jest określenie, w jaki sposób sztuczna inteligencja może być wykorzystana do poprawy bezpieczeństwa podczas imprez masowych. Uwaga skupiona będzie na analizie istniejących technologii, ich zastosowaniach w praktyce oraz korzyściach i wyzwaniach związanych z ich implementacją. W artykule postawiono następujące pytania badawcze: Jakie technologie sztucznej inteligencji są najskuteczniejsze w identyfikacji zagrożeń podczas imprez masowych? Jakie są główne wyzwania związane z implementacją sztucznej inteligencji w zarządzaniu bezpieczeństwem? Jakie korzyści mogą przynieść nowoczesne technologie w kontekście zapobiegania terroryzmowi i zamieszkom?

W artykule wykorzystano kombinację metod badawczych, w tym analizę literatury oraz studia przypadków, w celu zidentyfikowania roli sztucznej inteligencji w zarządzaniu bezpieczeństwem. Analiza literatury pozwoliła na syntetyzowanie aktualnych badań nad technologiami SI stosowanymi w kontekście imprez masowych, podczas gdy studia przypadków umożliwiły praktyczne zrozumienie realnych przykładów implementacji tych technologii. Przeprowadzono również analizę danych z różnych źródeł, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosków dotyczących skuteczności SI w identyfikacji zagrożeń.

W części pierwszej artykułu omówione zostały ogólne aspekty zastosowania SI w zarządzaniu bezpieczeństwem imprez masowych, w kolejnych częściach przedstawiono szczegółowe omówienie technologii rozpoznawania twarzy, monitoringu tłumu oraz wykrywania potencjalnych zagrożeń. Artykuł kończy się omówieniem zalet, wyzwań oraz przyszłych kierunków rozwoju technologii SI w kontekście bezpieczeństwa publicznego.

2. Rola sztucznej inteligencji w bezpieczeństwie masowych imprez

Zapewnienie bezpieczeństwa podczas imprez masowych, np.: koncertów, festiwali, wydarzeń sportowych czy zgromadzeń publicznych, jest kluczowym aspektem ich organizacji. Wydarzenia te przyciągają tysiące uczestników, co stanowi wyzwanie dla służb porządkowych. Duża liczba ludzi na ograniczonej przestrzeni zwiększa ryzyko terroryzmu i zamieszek. W celu identyfikacji potencjalnego zagrożenia oraz

niezwłocznej na nie reakcji, niezbędne są zaawansowane metody zarządzania bezpieczeństwem.

Zastosowanie Sztucznej inteligencji (SI) w celach zapewnienia lub poprawy bezpieczeństwa na imprezach masowych wzrasta. Dzięki zdolności do analizy danych w czasie rzeczywistym SI może wspierać służby porządkowe w identyfikacji podejrzanych zachowań i przewidywaniu potencjalnych zagrożeń. Przykładem są systemy rozpoznawania twarzy mogące monitorować tłumy, identyfikując osoby z list poszukiwanych lub znane z przestępczej działalności. Dzięki temu możliwe jest wyeliminowanie zagrożeń, zanim zdążą one eskalować (Deng i in., 2021).

SI może analizować wzorce ruchu tłumu, identyfikując miejsca o ryzyku przeludnienia, co pozwala na podejmowanie działań prewencyjnych, jak relokacja uczestników lub zwiększenie liczby służb porządkowych w newralgicznych punktach (Tyagi i in., 2022).

Kolejnym przykładem zastosowania SI w praktyce jest wykorzystanie dronów wyposażonych w kamery, które monitorują teren imprezy z powietrza. Dane zbierane przez drony są analizowane w czasie rzeczywistym przez algorytmy SI, które identyfikują podejrzane zachowania i informują o nich odpowiednie służby. (Husman i in., 2021). Drony te mogą być wyposażone w systemy do wykrywania niebezpiecznych przedmiotów: broni czy materiałów wybuchowych. Wykorzystanie dronów zwiększa zasięg i skuteczność monitoringu, umożliwiając służbom porządkowym szybką i precyzyjną reakcję na potencjalne zagrożenia (Ha i in., 2024).

Sztuczna inteligencja nie tylko zwiększa efektywność monitoringu, ale również wspiera proces decyzyjny służb porządkowych, dostarczając im precyzyjnych i aktualnych informacji. Algorytmy SI potrafią analizować dane z różnych źródeł – kamer monitoringu, mediów społecznościowych i raportów terenowych w celu dostarczenia kompleksowego obrazu sytuacji. Dzięki temu zapewniona jest szybka reakcja na zmieniającą się sytuację i minimalizowanie ryzyka wystąpienia incydentów zagrażających życiu i zdrowiu uczestników. SI może także wspierać działania prewencyjne poprzez prognozowanie potencjalnych zagrożeń na podstawie analizy wcześniejszych zdarzeń i wzorców zachowań. Przykładowo, algorytmy SI mogą przewidzieć, które obszary są potencjalnie niebezpieczne w określonych warunkach, co pozwala na wcześniejsze rozmieszczenie tam dodatkowych służb porządkowych.

Ważnym aspektem zastosowania SI w zabezpieczaniu imprez masowych jest analiza danych w czasie rzeczywistym. SI wykrywają i zgłaszają nieprawidłowości, takie jak nagłe zmiany w ruchu tłumu, niebezpieczne zachowania czy pojawienie się podejrzanych obiektów. Dzięki temu służby porządkowe mogą natychmiast reagować na zagrożenia zamiast polegać na opóźnionych raportach lub obserwacjach (Jadhav i in., 2023).

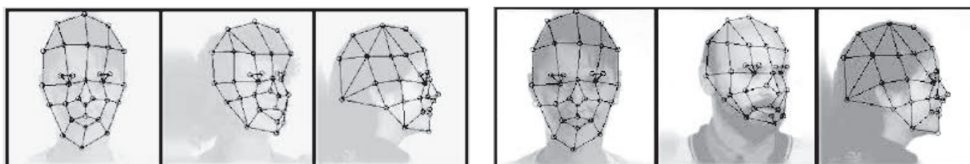
3. Technologie SI w praktyce podczas masowych imprez

3.1. Rozpoznawanie twarzy

Rozpoznawanie twarzy jest jedną z najbardziej rozwiniętych i szeroko stosowanych technologii sztucznej inteligencji w kontekście bezpieczeństwa publicznego, zwłaszcza podczas masowych imprez. Technologia ta polega na automatycznym identyfikowaniu osób na podstawie ich cech biometrycznych – kształtu twarzy, rozmieszczenia oczu, nosa i ust. W dalszej części artykułu przedstawiono kluczowe technologie i metody stosowane w rozpoznawaniu twarzy.

3.2. Rozpoznawanie twarzy w 2D

System rozpoznawania twarzy w przestrzeni dwuwymiarowej (2D) działa na obrazach lub nagraniach wideo z systemów monitoringu, kamer komercyjnych/ prywatnych, CCTV i innych urządzeń codziennego użytku. W celu dokonania kompletnej, automatycznej konfiguracji system musi najpierw wykryć twarz na obrazie/ wideo wejściowym i wyodrębnić ją z wykrytego obszaru. Następnie twarz jest wyrównywana do ustalonej struktury kanonicznej i poddawana obróbce w celu korekty potencjalnych zmian oświetlenia. Z przetworzonego obrazu ekstrahowane są cechy danej jednostki, a następnie przeprowadzane jest rozpoznawanie tożsamości za pomocą odpowiednich metod klasyfikacji. W zależności od użytych metod ekstrakcji i klasyfikacji metody te dzielimy na cztery podklasy: holistyczne, lokalne (geometryczne), oparte na opisach lokalnych tekstur oraz oparte na głębokim uczeniu się (Adjabi i in., 2020). Systemy 2D są stosunkowo proste i tanie, ale ich skuteczność może być ograniczona przez zmiany oświetlenia, kąt widzenia, proces starzenia się i wyrazy twarzy. Mimo tych ograniczeń systemy 2D są powszechnie stosowane ze względu na ich niskie koszty i łatwość implementacji. Jedną z popularnych metod rozpoznawania twarzy opartych na cechach geometrycznych jest metoda dopasowywania grafów elastycznych (*Elastic Bunch Graph Matching* – EBG), która polega na generowaniu grafu referencyjnego przez nałożenie rzadkiego, elastycznego grafu prostokątnego na obraz obiektu i analizie odpowiedzi banku falek Gabor na każdym węźle grafu (rys. 1). Metoda ta jest rozwinięciem techniki dopasowywania grafów elastycznych (EGM) i pozwala na obsługę różnych zmian w wyglądzie twarzy, takich jak otwarte lub zamknięte usta i oczy.



Rys. 1. Przykład wyodrębnienia punktów orientacyjnych przy użyciu EBG

Źródło: (Adjabi i in., 2020).

3.2.1. Rozpoznawanie twarzy w 3D

Chcąc poprawić problemy związane z rozpoznawaniem twarzy w 2D, opracowano systemy rozpoznawania twarzy w trzech wymiarach (3D), mające na celu zapewnienie wysokiego poziomu precyzji oraz większej odporności na zmiany na twarzy spowodowane różnymi czynnikami. Zdolność ta wynika z bardziej zaawansowanych systemów i modeli 3D uwzględniających informacje geometryczne. W przypadku obrazów 2D charakterystyczne punkty na twarzy, takie jak oczy, brwi, usta, mogą być wykrywane bez trudu i stanowią kluczowe elementy służące do identyfikacji. Jednakże w przypadku rozpoznawania twarzy w formie 3D najważniejszym punktem odniesienia jest nos (Adjabi i in., 2020). Technologie 3D są bardziej odporne na zmiany oświetlenia i kąta widzenia, co zwiększa ich dokładność i niezawodność, są natomiast droższe i trudniejsze do implementacji niż systemy 2D.

3.2.2. Algorytmy głębokiego uczenia (*deep learning*) w rozpoznawaniu twarzy

Algorytmy głębokiego uczenia, takie jak sieci neuronowe, znacznie poprawiły dokładność rozpoznawania twarzy. Metody głębokiego uczenia dla modeli 3D stanowią mniej niż 10% ich całości. W teorii są one wydajne, jednakże liczba dostępnych skanów twarzy 3D jest bardzo ograniczona. Przez to modele 3D mogą nie być dokładne, co sprawia, iż większą część rynku stanowią modele 2D. Modele, takie jak FaceNet, VGGFace i DeepID są obecnie standardem w branży rozpoznawania twarzy (Adjabi i in., 2020).

3.3. Zarządzanie tłumem

Współczesne wyzwania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa podczas masowych imprez i zgromadzeń publicznych wymagają zaawansowanych technologii monitorowania tłumu. Tradycyjne metody (kamery CCTV), choć powszechnie stosowane, okazują się niewystarczające z powodu ograniczeń związanych z pokrywaniem dużych obszarów oraz brakiem elastyczności w perspektywach. Z tego powodu coraz większe zainteresowanie budzą technologie sztucznej inteligencji (AI) oraz bezzałogowe pojazdy latające (UAV), które oferują zaawansowane możliwości monitorowania i analizy tłumu.

3.3.1. Monitorowanie tłumu przy użyciu głębokiego uczenia

Jednym z kluczowych osiągnięć w dziedzinie monitorowania tłumu jest wykorzystanie głębokiego uczenia się do wykrywania podejrzanych zachowań. Systemy te mogą poprawić dokładność monitorowania dzięki zastosowaniu sieci w pełni konwolucyjnych (FCN) oraz długoterminowej pamięci krótkotrwałej (LSTM). Główne zalety tych technologii to redukcja fałszywych alarmów, co jest kluczowe w kontekście efektywnego reagowania na zagrożenia. Model FCN + LSTM osiągnął dokładność na poziomie 97,84%, co stanowi poprawę w stosunku do wcześniejszych metod. Wprowadzenie automatycznych systemów monitorowania pozwala na obserwację dużych obszarów bez potrzeby angażowania służb, co jest ważne podczas

masowych imprez. Głębokie uczenie się pozwala na przetwarzanie i analizę obrazów z kamer CCTV, identyfikując zachowania tłumu w czasie rzeczywistym. Takie podejście pozwala na identyfikację potencjalnych zagrożeń, takich jak terroryzm czy zamieszki, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa uczestników masowych wydarzeń (Jadhav i in., 2023).

3.3.2. Wykorzystanie UAV do monitorowania tłumu

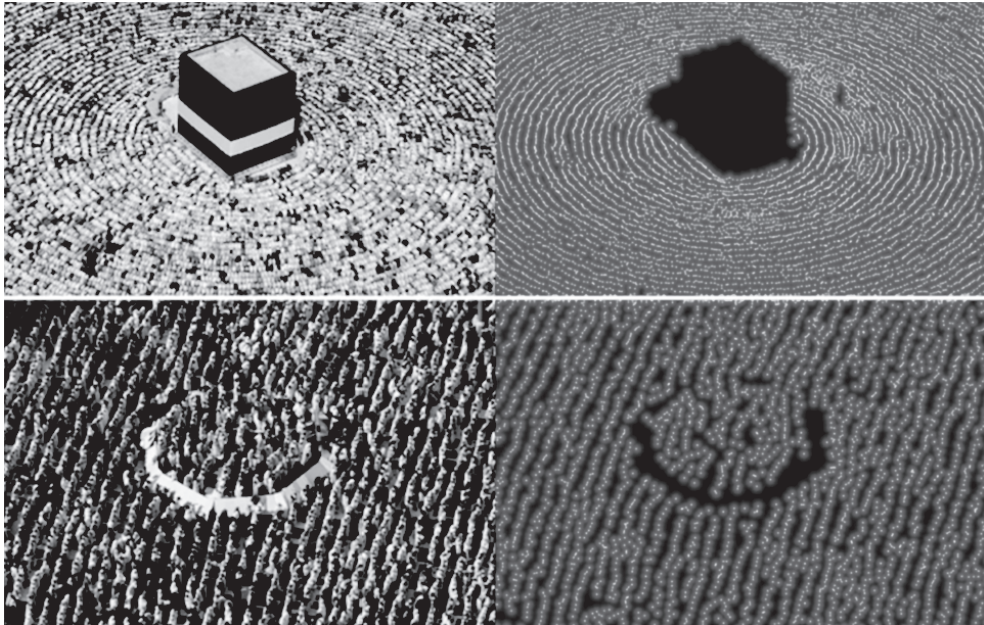
Istotnym elementem nowoczesnych systemów monitorowania tłumu jest zastosowanie bezałogowych pojazdów latających (UAV). Dzięki mobilności i operowania na wysokościach oferują szereg korzyści. UAV mogą szybko zmieniać pozycję i kąt obserwacji, co pozwala na znacznie lepsze pokrycie dużych obszarów w porównaniu z kamerami CCTV. Dzięki temu możliwe jest monitorowanie dużych przestrzeni, gdzie tradycyjne kamery mogą mieć ograniczone możliwości. Drony mogą być wyposażone w sensory, np. kamery termowizyjne. Są one przydatne w warunkach słabego oświetlenia lub do wykrywania zagrożeń. Umożliwia to monitorowanie tłumów w nocy lub w trudnych warunkach atmosferycznych. Drony mogą być sterowane zdalnie, co pozwala na monitorowanie obszarów trudno dostępnych lub niebezpiecznych. Przykładowo, UAV mogą być używane do patrolowania terenów, np. stadionów, czy zgromadzeń, np. koncertów, gdzie zbierają się grupy ludzi. Zastosowanie Deep CNNs (*Convolutional Neural Networks*) w przetwarzaniu obrazów umożliwia wykrywanie i śledzenie osób oraz analizę wzorców zachowań w tłumie, co zwiększa skuteczność monitorowania. Zarządzanie energią dronów jest ważne dla operacji monitorowania. Proponowane strategie obejmują stacje ładowania, wymianę baterii oraz wykorzystanie technologii hybrydowych. Pozwala to na wydłużenie czasu lotu dronów. Przykładem jest zastosowanie stacji ładowania na mobilnych platformach, które mogą podążać za dronami, zapewniając im źródło energii i długotrwałe operacje monitorowania (Husman i in., 2021).

3.3.3. Szacowanie liczebności tłumu

Szacowanie liczebności tłumu jest kluczowym elementem zarządzania tłumem, ponieważ liczebność tłumu może wskazywać na ryzyko wynikające z zachowań uczestników. Jedną z metod jest liczenie osób. Wyzwanie stanowi zróżnicowanie skali obrazów tłumu. Wykorzystanie algorytmów Deep CNNs pozwala na liczenie osób w tłumie, co jest znaczące dla oceny zagrożeń i podejmowania działań prewencyjnych (Husman i in., 2021). Przykład przedstawiony został na rys. 2.

3.3.4. Śledzenie tłumu

Śledzenie tłumu jest niezbędne do zrozumienia dynamiki tłumu i identyfikacji zagrożeń. UAV mogą być wykorzystane do ciągłego monitorowania ruchu tłumu, co pozwala na wykrywanie nietypowych aktywności. Algorytmy Deep CNNs odgrywają kluczową rolę w jego śledzeniu, umożliwiając podglądanie ruchu jednostek oraz grup. Takie podejście pozwala na reagowanie na zmiany w dynamice tłumu, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa imprez masowych (rys. 3) (Husman i in., 2021).



Rys. 2. Przykład szacowania wielkości tłumu przy użyciu Deep CNNs

Źródło: (Husman i in., 2021).



Rys. 3. Śledzenie tłumu w przypadku osób naruszających SOP w związku z COVID-19

Źródło: (Husman i in., 2021).

3.3.5. Zastosowanie algorytmów AI w monitorowaniu tłumu

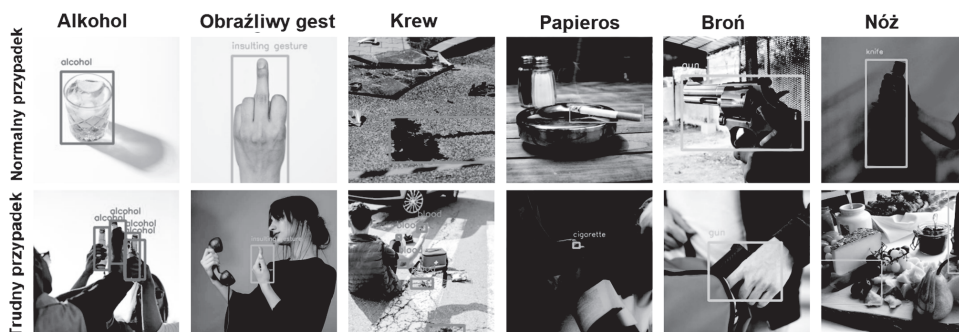
W pracach dotyczących głębokiego uczenia się i UAV podkreśla się znaczenie algorytmów AI w analizie zachowań tłumu. Kluczowe technologie i algorytmy obejmują algorytmy detekcji tłumu, które umożliwiają wykrywanie jego obecności oraz śledzenie ruchów w czasie rzeczywistym. Dzięki zastosowaniu technik, takich jak *Region of Interest (ROI) Extraction* i *Supervised Machine Learning (SML)*, możliwe jest precyzyjne identyfikowanie osób w tłumie. Przykładem może być użycie algorytmów CNNs do analizy obrazów i wykrywania osób na podstawie cech wizualnych. Algorytmy analizy zachowań pozwalają na badanie wzorców zachowań tłumu i identyfikację nietypowych zachowań, które mogą wskazywać na potencjalne zagrożenia, np. obserwacja zmiany prędkości poruszania się ludzi w tłumie może być wskaźnikiem paniki lub zamieszek. Takie algorytmy mogą korzystać z technik LSTM do analizy sekwencji danych i przewidywania przyszłych zachowań na podstawie historii ruchów tłumu. Techniki te są niezwykle praktyczne w zarządzaniu bezpieczeństwem podczas masowych imprez, umożliwiając szybkie i skuteczne reagowanie na wszelkie nieprawidłowości i zagrożenia, a tym samym zapewniając bezpieczeństwo uczestników (Jadhav i in., 2023; Husman i in., 2021).

3.4. Wykrywanie przedmiotów przy użyciu sztucznej inteligencji

Wykrywanie przedmiotów jest kluczowym aspektem monitorowania bezpieczeństwa zarówno w przestrzeniach publicznych, jak i na platformach internetowych. Prace Ha i in. (2024) oraz Liu i in. (2021) przedstawiają podejście do wykrywania szkodliwych obiektów z wykorzystaniem osiągnięć w dziedzinie uczenia głębokiego. Stosowane w tym celu technologie mają poprawić precyzję i efektywność wykrywania oraz zapewnić lepszą ochronę prywatności danych.

3.4.1. Nowe standardy benchmarkowe

Praca Ha i in. (2024) wprowadza obszerny zbiór danych zawierający ponad 10 000 obrazów podzielonych na sześć kategorii: alkohol, gest obraźliwy, krew, papieros, broń i nóż. Zbiór danych obejmuje zarówno łatwe do wykrycia przypadki, jak i trudniejsze. To czyni go unikalnym w porównaniu do wcześniejszych badań. Uwzględnienie trudnych przypadków jest kluczowe dla rozwijania bardziej odpornych modeli, które mogą działać w różnorodnych warunkach (rys. 4). Dzięki temu nowe standardy benchmarkowe mogą lepiej ocenić zdolności modeli do wykrywania obiektów w realnych scenariuszach. Jest to znaczące dla aplikacji w monitoringu bezpieczeństwa. Wprowadzenie tak różnorodnego zbioru danych pozwala na dokładniejsze testowanie i rozwijanie algorytmów, które mogą radzić sobie z wyzwaniami, jakie napotykają systemy bezpieczeństwa w rzeczywistych warunkach.



Rys. 4. Przykładowe obrazy są losowo wybrane z proponowanych zbiorów danych. Pierwszy poziomy rząd przedstawia obrazy z normalnymi przypadkami, a drugi z trudnymi. Kategorie oznaczają odpowiednio: alkohol, obraźliwy gest, krew, papieros, broń i nóż w każdej kolumnie.

Źródło: (Husman i in., 2021).

3.4.2. Federated model training w detekcji obiektów

Federated model training to paradygmat w dziedzinie uczenia maszynowego, który umożliwia trenowanie modeli z rozproszonych zbiorów danych bez konieczności ich centralnego przechowywania. Praca Liu i in. (2021) opisuje platformę FedVision, która wspiera rozwój aplikacji wizyjnych opartych na federacyjnym uczeniu. Umożliwia tworzenie modeli wykrywania obiektów przy jednoczesnym zachowaniu prywatności danych. Platforma FedVision została zaprojektowana, aby umożliwić etykietowanie danych obrazowych. *Federated model training* pozwala na trenowanie modeli bez konieczności przesyłania danych do centralnej jednostki. Znacząco redukuje ryzyko naruszenia prywatności. W ramach FedVision modele są trenowane lokalnie na danych użytkowników, a jedynie parametry modelu są przesyłane do centralnego serwera w celu ich agregacji. Takie podejście umożliwia skuteczne trenowanie modeli. Minimalizuje przy tym ryzyko wycieku danych i zapewnia zgodność z regulacjami dotyczącymi ochrony prywatności (GDPR).

3.4.3. Architektura wykrywania przedmiotów i techniki wykrywania

W badaniach Ha i in. (2024) oraz Liu i in. (2021) zastosowano architektury wykrywania obiektów, takie jak Faster R-CNN oraz YOLOv5, wybrane ze względu na ich skuteczność w różnych scenariuszach wykrywania. Faster R-CNN jest znane z precyzji i dokładności w wykrywaniu. YOLOv5 z kolei jest cenione za szybkość i wydajność w czasie rzeczywistym. W platformie FedVision zastosowano federacyjny wariant YOLOv3, który umożliwia kolaboracyjne trenowanie modeli z danych lokalnie przechowywanych u wielu użytkowników. Wykorzystanie głębokich konwolucyjnych sieci neuronowych (*Deep CNNs*) do ekstrakcji cech semantycznych na wysokim poziomie pozwala na precyzyjne wykrywanie obiektów w różnych warunkach. *Deep CNNs* są w stanie rozpoznawać i klasyfikować szkodliwe obiekty nawet w trudnych

przypadkach, np. gdy cechy obiektów są częściowo zasłonięte lub niewyraźne. Techniki te, zintegrowane z systemami federacyjnymi, pozwalają na dynamiczne uczenie się modeli. Adaptują się do nowych danych bez potrzeby centralizowania informacji, co jest kluczowe dla zachowania prywatności i efektywności operacyjnej.

Oba rozwiązania zostały zaprojektowane z myślą o zastosowaniach w czasie rzeczywistym, co jest szczególnie istotne w kontekście monitoringu. Modele YOLOv5 i Faster R-CNN, dzięki swojej architekturze, mogą przetwarzać obrazy w czasie rzeczywistym. Pozwala to na natychmiastową reakcję na zagrożenia. Platforma FedVision, wykorzystując *federated model training*, umożliwia ciągłe aktualizowanie modeli na podstawie nowych danych, co zapewnia ich wysoką skuteczność i adaptacyjność w dynamicznie zmieniających się warunkach. Dzięki temu możliwe jest monitorowanie w czasie rzeczywistym. W praktyce oznacza to, że systemy te mogą natychmiast wykrywać i klasyfikować potencjalnie zagrożenia, np. broń czy materiały wybuchowe. Mogą również reagować na zmiany w otoczeniu, co zwiększa ich użyteczność i skuteczność w operacyjnych zastosowaniach monitoringu.

4. Zalety sztucznej inteligencji w monitoringu i możliwe wyzwania

Sztuczna inteligencja przynosi liczne korzyści w zarządzaniu bezpieczeństwem podczas masowych imprez, a jedną z najważniejszych jej zalet jest możliwość reakcji na zagrożenia dzięki analizie danych w czasie rzeczywistym. Zaawansowane algorytmy SI, takie jak głębokie uczenie (*deep learning*), pozwalają systemom na wykrywanie i klasyfikowanie niebezpiecznych sytuacji i umożliwiają błyskawiczne podjęcie działań. Algorytmy *deep learning* mogą przetwarzać obrazy z kamer CCTV, identyfikując zagrożenia i informując służby. Ponadto systemy SI cechują się dokładnością w identyfikacji zagrożeń. Jest to możliwe dzięki zdolności do analizy ogromnej liczby danych i wykrywania wzorców niewidocznych dla ludzkiego oka. Technologia rozpoznawania twarzy może skutecznie identyfikować osoby z list poszukiwanych, a analiza wzorców ruchu tłumu pozwala na przewidywanie obszarów o ryzyku przełudnienia.

SI wspiera również służby porządkowe poprzez automatyzację monitoringu i dostarczanie im precyzyjnych, aktualnych informacji o sytuacji na terenie imprezy. Dzięki SI możliwe jest nie tylko monitorowanie zachowań tłumu, ale także prognozowanie potencjalnych zagrożeń na podstawie analizy wcześniejszych zdarzeń. Przykładem może być wykorzystanie dronów wyposażonych w kamery do monitorowania terenu z powietrza, co zwiększa skuteczność nadzoru.

Jednak implementacja technologii SI wiąże się również z pewnymi wyzwaniami. Jednym z głównych problemów jest ochrona prywatności uczestników. Technologia związana z rozpoznawaniem twarzy budzi obawy związane z inwazyjnością i nadużyciem danych osobowych. Wymaga to wprowadzenia odpowiednich regulacji prawnych i procedur zabezpieczających prywatność, np. ograniczenia dostępu

do informacji osobowych. Mimo wysokiej dokładności systemy SI nie są wolne od błędów. Zdarzają się przypadki błędnej identyfikacji, które mogą prowadzić do fałszywych alarmów lub niesłusznego oskarżenia niewinnych osób. Takie błędy mogą wynikać z niedoskonałości algorytmów, złej jakości danych wejściowych lub niewłaściwej konfiguracji systemów. Dlatego kluczowe jest ciągłe doskonalenie technologii oraz regularne szkolenie personelu w celu minimalizacji błędów. Dodatkowo, implementacja zaawansowanych technologii SI wiąże się z wysokimi kosztami zarówno związanymi z zakupem sprzętu i oprogramowania, jak i z ich utrzymaniem oraz aktualizacją. Koszty te mogą być barierą dla wielu organizatorów imprez masowych. Konieczność zatrudnienia wykwalifikowanego personelu do obsługi systemów SI również zwiększa koszty.

5. Podsumowanie

Sztuczna inteligencja (SI) stanowi przełomowe narzędzie w zarządzaniu bezpieczeństwem podczas imprez masowych. Dzięki algorytmom *deep learning* SI umożliwia wykrywanie i reagowanie na niebezpieczne sytuacje, co pozwala na natychmiastowe podjęcie działań zapobiegawczych. Rozpoznawanie twarzy oraz analiza ruchu tłumu wyróżniają się jako najskuteczniejsze technologie SI, służące do przewidywania zagrożeń. Rozpoznawanie twarzy, oparte na algorytmach głębokiego uczenia, nie tylko umożliwia identyfikowanie osób poszukiwanych, ale także pozwala dostrzec potencjalne niebezpieczeństwo na podstawie analizy wzorców tłumu. Oznacza to, że służby mogą reagować z większą precyzją i efektywnością, co przekłada się na ograniczenie ryzyka wystąpienia zagrożeń w trakcie organizacji imprez masowych.

Z SI wiążą się również z wyzwania. Ochrona prywatności uczestników jest kluczowa. Technologie związane z rozpoznawaniem twarzy budzą obawy dotyczące potencjalnego nadużycia danych osobowych. Ponadto systemy SI nie są wolne od błędów identyfikacyjnych, a co za tym idzie, mogą prowadzić do fałszywych alarmów. Istotne jest również wykrywanie niebezpiecznych przedmiotów, jak broń palna czy nóż, dlatego stale doskonalą się technologię oraz regularnie szkoli personel. Oprócz tego koszty związane z zakupem, utrzymaniem i aktualizacją technologii SI mogą być barierą dla wielu organizatorów imprez.

Największą zaletą wykorzystania wymienionych technologii jest zdolność do prognozowania zagrożeń, jak zamieszki czy terroryzm. Dzięki analizie wzorców ruchu tłumu oraz identyfikacji osób potencjalnie niebezpiecznych możliwe jest podjęcie działań prewencyjnych, zanim zagrożenie eskaluje. Algorytmy analizy zachowań i drony monitorujące przestrzeń z powietrza zwiększają efektywność działania służb porządkowych, pozwalając im na bardziej precyzyjne działania prewencyjne.

W przyszłości rozwój i doskonalenie technologii SI będą miały duży wpływ na lepsze zarządzanie bezpieczeństwem podczas masowych wydarzeń. Badania nad algorytmami, poprawa istniejących systemów oraz opracowanie bardziej efektyw-

nych metod ochrony prywatności uczestników będą miały istotne znaczenie. Integracja SI z innymi technologiami, takimi jak Internet Rzeczy (IoT) czy *blockchain*, może dodatkowo poprawić skuteczność systemów monitoringu. Rozważne podejście do implementacji tych technologii, obejmujące odpowiednie regulacje prawne i procedury, jest kluczowe dla maksymalizacji korzyści i minimalizacji ryzyka zwłaszcza w kontekście zapobiegania zamieszkom, terroryzmowi i wykrywaniu niebezpiecznych przedmiotów.

Literatura

- Adjabi, I., Ouahabi, A., Benzaoui, A., i Taleb-Ahmed, A. (2020). Past, Present, and Future of Face Recognition: A Review. *Electronics*, 9(8), 1188. <https://doi.org/10.3390/electronics9081188>
- Bonnasse-Gahot, L., i in. (2018). Epidemiological Modelling of the 2005 French Riots: A Spreading Wave and the Role of Contagion. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18093-4>
- Choi, W. (2020). A Study on the Intelligent Disaster Management System Based on Artificial Intelligence. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 20(1), 127-140. <https://doi.org/10.9798/kosham.2020.20.1.127>
- Chollet, F. (2019). *On the Measure of Intelligence*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1911.01547>
- Deng, H., Feng, Z., Qian, G., Lv, X., Li, H., i Li, G. (2021). Mfcosface: A Masked-Face Recognition Algorithm Based on Large Margin Cosine Loss. *Applied Sciences*, 11(16), 7310. <https://doi.org/10.3390/app11167310>
- Gassebner, M., i Luechinger, S. (2011). Lock, Stock, and Barrel: A Comprehensive Assessment of the Determinants of Terror. *Public Choice*, 149(3-4), 235-261. <https://doi.org/10.1007/s11127-011-9873-0>
- Gupta, C., Johri, I., Srinivasan, K., Hu, Y., Qaisar, S., i Huang, K. (2022). A Systematic Review on Machine Learning and Deep Learning Models for Electronic Information Security in Mobile Networks. *Sensors*, 22(5), 2017. <https://doi.org/10.3390/s22052017>
- Ha, E., Kim, H., i Na, D. (2024). HOD: New Harmful Object Detection Benchmarks for Robust Surveillance. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 183-192. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.05192>
- Husman, M. A., i in. (2021). Unmanned Aerial Vehicles for Crowd Monitoring and Analysis. *Electronics*, 10(23), 2974. <https://doi.org/10.3390/electronics10232974>
- Jadhav, C., Ramteke, R., i Somkunwar, R. K. (2023). Smart Crowd Monitoring and Suspicious Behavior Detection Using Deep Learning. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 37(4), 955-962. <https://doi.org/10.18280/ria.370416>
- Liu, Y., i in. (2021). Federated Learning-Powered Visual Object Detection for Safety Monitoring. *AI Magazine*, 42(2), 19-27. <https://doi.org/10.1609/aimag.v42i2.15095>
- Tyagi, B., Nigam, S., i Singh, R. (2022). A Review of Deep Learning Techniques for Crowd Behavior Analysis. *Arch Computat Methods Eng*, (29), 5427-5455. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09772-1>

Artificial Intelligence in Managing Security of Mass Events: Identification of Potential Threats Such as Terrorism and Riots

Abstract: The article discusses the application of artificial intelligence (AI) in managing the safety of mass events. Security at such events is crucial due to the risks of riots or terrorism. AI can support law enforcement by analysing real-time data and predicting potential threats. Technologies such as facial recognition, crowd management, and the detection of dangerous objects are presented.

Keywords: artificial intelligence, mass events, facial recognition, object detection, crowd management

Ewelina Słowik

e-mail: 189398@ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0007-9680-3623

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Zastosowanie przetwarzania języka naturalnego w procesie diagnozowania i leczenia choroby Alzheimerera

DOI: 10.15611/2024.80.2.07

JEL Classification: C61

@ 2024 Ewelina Słowik

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Słowik, E. (2024). Zastosowanie przetwarzania języka naturalnego w procesie diagnozowania i leczenia choroby Alzheimerera. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 92-104). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: W niniejszym artykule podjęto się analizy roli, jaką odgrywają różne techniki przetwarzania języka naturalnego (*Natural Language Processing* – NLP) w diagnostyce oraz leczeniu choroby Alzheimerera. Ponadto przyjrano się interakcji pomiędzy lingwistyką a neurobiologią w kontekście wykorzystania tych technik w medycynie. Metody badawcze zastosowane w artykule obejmują przegląd literatury, analizę porównawczą określonych badań oraz identyfikację obszarów do dalszych prac i propozycje ulepszeń zastosowania technik przetwarzania języka naturalnego w schorzeniu Alzheimerera. Na podstawie analizy porównawczej badań stwierdzono, iż istnieje konieczność dalszego opisu zagadnienia, rozwoju NLP z wykorzystaniem uczenia głębokiego, personalizacji leczenia, stworzenia globalnych baz danych oraz interdyscyplinarnej współpracy dla poprawy korzyści dla pacjentów, personelu medycznego i systemów opieki zdrowotnej.

Słowa kluczowe: przetwarzanie języka naturalnego, NLP, choroba Alzheimerera

1. Wstęp

Od wielu lat obserwuje się na świecie zjawisko starzenia się społeczeństw oraz wzrost odsetka osób w podeszłym wieku. Prowadzi to do sytuacji, w której coraz więcej z nich cierpi na różnego rodzaju choroby neurologiczne. Statystyki wskazują, iż w 2005 roku w Polsce było około 6 milionów osób powyżej 60. roku życia, a w 2030 roku będzie już około 9 milionów, których te schorzenia dotyczą (Gaweł i Potulska-Chromik, 2015). Choroby neurologiczne to schorzenia zaburzające prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego, który składa się z ośrodkowego układu nerwowego (OUN) oraz obwodowego układu nerwowego odpowiedzialnego za sterowa-

nie aktywnością całego organizmu (Poradnik Gemini, b.d.). Wśród tych chorób można wyróżnić m.in. schorzenia neurodegeneracyjne, które charakteryzują się zaburzeniami funkcjonowania lub umieraniem komórek należących do ośrodkowego układu nerwowego (mózgowie i rdzeń kręgowy) (National Cancer Institute, b.d.). Ośrodkowy układ nerwowy odpowiada np. za regulację pracy narządów wewnętrznych, proces myślenia, zapamiętywania, analizę bodźców docierających z otoczenia, kontrolę napięcia mięśni (Thau i in., 2022). Wraz ze starzeniem się choroby te postępują i często nie ma na nie lekarstwa. Do nich można zaliczyć m.in.: chorobę Alzheimera, chorobę Parkinsona, rdzeniowy zanik mięśni oraz stwardnienie rozsiane.

W przypadku tych schorzeń poprawna diagnostyka jest niezbędna, gdyż umożliwia wiarygodniejsze dalsze prognozowanie choroby oraz przyczynia się do włączenia specyficznego leczenia (Erkinen i in., 2018). W związku z tym, iż wczesne wykrycie za pomocą badań przesiewowych umożliwia wdrożenie leczenia przed wystąpieniem ciężkich objawów klinicznych (Shusharina i in., 2023), w ostatnich kilkudziesięciu lat ocena kliniczna schorzeń neurodegeneracyjnych stała się głównym przedmiotem badań (Dubois i in., 2016; Wu i in., 2011). Do niej można zaliczyć m.in. biomarkery krwi i płynu mózgowo-rdzeniowego, dane z neuroobrazowania, jak PET czy MRI, oraz wyniki badań neurologicznych. Zatem liczba technik, które mogą być wykorzystywane do rozpoznawania schorzeń neurodegeneracyjnych, jest duża. Jednakże należy nadmienić, iż większość tych chorób charakteryzuje się niską swoistością odnośnie danych markerów oraz technik diagnozowania (Shusharina i in., 2023). Oznacza to, iż zarówno metody, jak i markery nie są wystarczająco precyzyjne – zbyt ogóle i nie pozwalają na dokładne rozróżnienie między różnymi chorobami. Często prowadzi to do konieczności postawienia diagnozy przy użyciu wielu metod oraz kosztownych badań (Tagaris i in., 2018). Leczenie schorzeń neurodegeneracyjnych ze względu na nieodwracalny charakter zwyrodnienia tkanki nerwowej polega jedynie na ich spowolnieniu oraz poprawie jakości życia osób z tymi zaburzeniami (Shusharina i in., 2023).

Warto zauważyć, iż zaburzenia zdolności komunikacji w chorobach neurodegeneracyjnych są częste, dlatego zaczęto interesować się wydajnością językową, która obejmuje wypowiedanie słów oraz zrozumienie słów. W ostatnich latach nagromadzono bardzo dużo danych medycznych od profilów genetycznych aż po dane z obrazowania jak MRI (Myszczynska i in., 2020). Dodatkowo rozwinęła się znacznie dziedzina sztucznej inteligencji w tym metody uczenia maszynowego, głębokiego oraz przetwarzanie języka naturalnego. Jednocześnie rozwój sztucznej inteligencji, w tym techniki uczenia maszynowego, głębokiego uczenia oraz przetwarzania języka naturalnego, otworzył nowe możliwości analizy tych danych. W odpowiedzi na to sztuczna inteligencja zaczęła być wykorzystywana do analizy różnorodnych danych medycznych, zwłaszcza że wiele z nich jest obarczonych szumem, który utrudnia wydobycie istotnych informacji biologicznych. Rosnąca liczba przypadków choroby Alzheimera i innych chorób neurodegeneracyjnych wymaga poszukiwania skutecznych metod diagnozowania i leczenia.

Celem niniejszego artykułu jest zbadanie potencjału zastosowania technik przetwarzania języka naturalnego (NLP) w procesie diagnozowania i leczenia choroby Alzheimera, co pomoże zrozumieć, jakie istnieją interakcje pomiędzy lingwistyką a neurobiologią w kontekście tego schorzenia.

Wykorzystano takie metody badawcze jak: przegląd literatury, analizę porównawczą oraz wkład własny – identyfikację obszarów wymagających dalszych badań i sugestie dotyczące potencjalnych ulepszeń w kontekście zastosowania technik analizy języka naturalnego w diagnozowaniu i leczeniu choroby Alzheimera.

Artykuł składa się z czterech części. Pierwsza skupia się na przykładach użycia technik przetwarzania języka naturalnego w diagnostyce i leczeniu choroby Alzheimera. W drugiej części omówione zostały konkretne usprawnienia i obszary, które wymagają większej uwagi w kontekście wykorzystania NLP. W kolejnym zostały wskazane kluczowe wyzwania związane z adaptacją NLP w chorobie Alzheimera. Ostatnia część to podsumowanie całego artykułu oraz wyszczególnienie najważniejszych wniosków.

2. Wykorzystanie NLP w diagnozowaniu oraz leczeniu choroby Alzheimera

Przy wykorzystaniu technik przetwarzania języka naturalnego (NLP) w kontekście choroby Alzheimera pojawia się wiele możliwości zarówno diagnostycznych, jak i terapeutycznych. Zatem bardzo ważne jest zrozumienie ich potencjalnych korzyści i ograniczeń, co pomoże w identyfikacji najlepszych i najskuteczniejszych metod.

Jednymi z technik przetwarzania języka naturalnego, które są wykorzystywane w diagnostyce choroby Alzheimera, są automatyczne rozumienie mowy, wykrywanie zmian językowych czy wzorców językowych. Mimo tego iż wszystkie metody skupiają się na jak najwcześniejszym rozpoznaniu objawów tej choroby, nie każda jest równie skuteczna i praktyczna w różnych kontekstach klinicznych. Rozpoznanie mowy głównie opiera się na ręcznie przepisywanych transkrypcjach (Thomas i in., 2005; Habash i Guinn, 2012; Rentoumi i in., 2014), ale w ostatnich badaniach przedstawiono również:

- rozpoznawanie nagrań mowy do określenia obecności lub braku choroby (Zhou i in., 2016);
- nagrania video osób zdrowych i chorych (klinicznie zdiagnozowanych z chorobą Alzheimera), z których później wyekstrahowano nagrania audio do dalszej analizy (López de Ipiña i in., 2013);
- nagrania głosowe pacjentów pod kątem analizy markerów głosowych (König i in., 2015).

Jednakże badacze podkreślają, iż do wykorzystania analizy mowy w formie online lub do monitorowania w domu należy odpowiednio dostosować system, a nie skupiać się na ręcznej transkrypcji (Zhou i in., 2016). Z kolei wykrywanie wzorców

oraz zmian językowych dzięki przetwarzaniu języka naturalnego odbywa się w dużej mierze z tekstu mówionego (m.in. w badaniach: Fraser i in., 2016; König i in., 2015; López-de-Ipiña i in., 2013). Jedno badanie wykorzystało w tym celu konkretne cechy akustyczne wyodrębnione z mowy osób z łagodną postacią Alzheimerera (Meilán i in., 2014). Z kolei inne badanie skupiło się na predykcji choroby Alzheimerera na podstawie analizy mowy uzyskanej przy zadaniu opisu obrazów (Fraser i in., 2016). Z jednej strony jest to bardzo ważne, iż takie techniki istnieją i są w stanie pomóc we wczesnej diagnozie choroby Alzheimerera. Z drugiej strony należy poruszyć temat dostępności oraz praktyczności tych metod. Badania sugerują, że analiza mowy osób chorych na Alzheimerera może być skutecznym narzędziem diagnostycznym, ale wymaga dalszego opracowania w kontekście praktycznego zastosowania klinicznego. Wykrywanie wzorców i zmian językowych za pomocą NLP może być bardziej skomplikowane w zastosowaniu, ponieważ wymaga analizy dużych zbiorów danych tekstowych lub mówionych oraz opracowania zaawansowanych algorytmów do wykrywania subtelnych zmian. Kolejną kwestią, którą warto poruszyć w związku z tymi technikami przetwarzania języka naturalnego, jest ich skuteczność oraz precyzja. Badanie López de Ipiña i in. (2013) dotyczyło analizy cech mowy spontanicznej oraz reakcji emocjonalnych we wczesnych stadiach choroby Alzheimerera w zamyśle, aby opracować odpowiednie testy do wczesnej diagnozy tej choroby. Przetwarzanie języka naturalnego zostało wykorzystane do analizy tempa mowy, długości przerw oraz innych cech związanych z mową. W badaniu przeprowadzono wiele testów, jednak najbardziej interesujące wyniki (z perspektywy niniejszej pracy) wskazują, że system osiągał dobre rezultaty w określaniu najbardziej zaawansowanych stadiów choroby – umiarkowanej oraz zaawansowanej fazy choroby. Dla wczesnego stadium wyniki oscylowały w okolicach 60%. W przypadku klasyfikacji choroby występowały błędy dla osób znajdujących się między dwoma etapami choroby. Przejście od osoby zdrowej do wczesnego stadium, a czasami nawet umiarkowanej fazy choroby, może być trudne do wykrycia, jednakże nadal świadczy o postępie choroby. Z drugiej strony badanie Skirrow i in. (2022) skupiło się na walidacji zdalnego automatycznego zadania przypominania historii (ASRT) w celu oceny wczesnych zaburzeń poznawczych u osób starszych. Większość uczestników badania zgłosiła pozytywne doświadczenia związane z technicznymi aspektami aplikacji oraz łatwością obsługi, a także zainteresowaniem wykonywanymi zadaniami. Wyniki ogólnego dopasowania były niższe u uczestników z łagodnym upośledzeniem poznawczym lub łagodnym stadium choroby Alzheimerera, co sugeruje gorsze przypominanie historii w tej grupie. Wiarygodność wykorzystywanych historii w zadaniu ASRT była od umiarkowanej do silnej dla natychmiastowego i opóźnionego przypominania, co potwierdza spójność wyników z różnymi wersjami historii. Na podstawie tych danych można wywnioskować, iż testy te są dość niezawodne. Dodatkowo, ASRT wykazało umiarkowaną zgodność z ustalonymi testami poznawczymi, co sugeruje, że zadanie jest skuteczne w ocenie funkcji poznawczych. Ponadto badanie Meilán i in. (2014) skorzystało z odpowiednich cech akustycznych oraz tych związanych z mową

wśród osób z chorobą Alzheimera oraz zdrowych. W badaniu skupiano się na różnych miarach mowy i wykazano, iż na podstawie m.in. odsetka przerw między słowami, odsetka łamania głosu, drżenia głosu można określić z dokładnością do 84%, iż te cechy charakteryzują osoby z chorobą Alzheimera. Podobne wyniki uzyskało badanie de Lira i in. (2011), które wykorzystało analizę mowy przez opisywanie obrzązków. W tym badaniu osoby z chorobą Alzheimera uzyskiwały wyniki znacznie niższe niż grupa kontrolna w odniesieniu do analizy leksykalnej oraz składniowej. Zatem można powiedzieć, iż mowa osób z chorobą Alzheimera charakteryzowała się mniejszą złożonością zdań.

Dotychczasowe badania wskazują na dalszą potrzebę prowadzenia badań w obszarze technik przetwarzania języka naturalnego w diagnozowaniu choroby Alzheimera. Co więcej, dzięki zwiększeniu zainteresowania tym tematem oraz większej liczby prac badawczych można spekulować, iż poprawi to skuteczność algorytmów oraz precyzję diagnozy. Ponadto warto zwrócić również uwagę na możliwości połączenia standardowych metod diagnozowania z najnowszymi technikami NLP, co również przyczyni się do szybszego rozpoznania danego schorzenia.

3. Propozycje doskonalenia technik wykorzystania NLP w diagnozowaniu i leczeniu choroby Alzheimera

Przeprowadzone analizy badań naukowych w obszarze technologii przetwarzania języka naturalnego wskazują, iż nawet diagnozowanie choroby Alzheimera standardowymi technikami, jak m.in. testami obrazowania mózgu, wykrywaniem odpowiednich biomarkerów, nie daje stu procentowej skuteczności (Shahidi i in., 2023 – radiomika + MRI; Engelborghs i in., 2008 – biomarker: tTau, pTau181). Zazwyczaj łączy się kilkanaście technik, aby w jak najmniejszym stopniu popełnić jakikolwiek błąd. Taki sam problem pojawia się we wdrożeniu technik przetwarzania języka naturalnego w diagnostyce choroby Alzheimera. Mimo tego iż większość z nich daje rezultaty na około 80% (m.in. Momota i in., 2023; König i in., 2015), nadal nie gwarantuje to odpowiednio wysokiej skuteczności diagnozowania. Jednakże warto zauważyć, iż automatyczne rozumienie mowy, wykrywanie zmian oraz wzorców językowych stanowią kluczowe elementy w identyfikacji objawów choroby Alzheimera. Bardzo ciekawym zagadnieniem jest fakt, iż niektóre techniki NLP nie są w stanie odróżnić różnych stadiów choroby Alzheimera (López de Ipiña i in., 2013), co wskazuje na to, iż większą uwagę należałoby skupić na personalizacji diagnozy. Niepewność w diagnostyce może wynikać z subtelnych różnic w języku i mowie pacjentów, które mogą być trudne do uchwycenia przez obecnie stosowane algorytmy. W związku z tym istnieje potrzeba skoncentrowania się na personalizacji diagnozy, aby efektywniej wyłapywać nawet te najmniejsze zmiany. Zatem w badaniach warto skupić się nie tylko na zmianach językowych, ale także unikalnych stylach mowy, które mogą nie tyle wskazywać na chorobę Alzheimera, ale braki językowe wynika-

jące z wady wymowy czy zaników obszarów w mózgu odpowiadających za mowę wraz ze starzeniem się.

Co więcej, skuteczność oraz praktyczność technik przetwarzania języka naturalnego w różnych kontekstach klinicznych stoją pod znakiem zapytania. Rozpoznawanie mowy oparte na ręcznej transkrypcji jest zbyt czasochłonne, uciążliwe oraz podatne na wiele błędów. Ponadto wykorzystanie analizy mowy w formie online lub jako domowe narzędzie wymaga specjalistycznego dostosowania. Z kolei wykrywanie wzorców oraz zmian językowych jest obiecującym zagadnieniem. Jednakże może być ono skomplikowane oraz wymaga znacznie większych zbiorów danych, co utrudnia praktyczne i efektywne wykorzystanie. Analiza tak dużych zbiorów danych może być czasochłonna i potrzebować zaawansowanych technik ich przetwarzania, aby wyodrębnić istotne wzorce i informacje. Oprócz tego istnieje konieczność uwzględnienia różnorodności danych oraz subtelnych różnic indywidualnych, co dodatkowo komplikuje proces analizy i interpretacji. Warto podkreślić, iż istnieje niewiele baz danych, które można wykorzystywać w trakcie diagnozy. Jedne z najbardziej znanych oraz rozpowszechnionych zbiorów danych dotyczących automatycznego wykrywania choroby Alzheimera opartych na spontanicznych rozmowach to, m.in.:

- DementiaBank (Boller i Becker, 2005) – największa udostępniona do analiz baza danych posiadająca 15 zbiorów danych w różnych językach, jak angielskim, mandaryńskim czy niemieckim. Nagrania audio są dostępne w przypadku każdego zbioru danych. Baza danych zawiera 241 próbek od zdrowych osób oraz 310 od osób ze zdiagnozowaną demencją w wieku od 45 do 90 lat (Qi i in., 2023).
- *The Carolinas Conversation Collection* (CCC) (Pope i Davis, 2011) – zbiór danych zawierający transkrypcje wideo oraz mowy osób w wieku powyżej 65. roku życia. Zawiera on około 200 rozmów z osobami z przewlekłymi chorobami oraz około 400 z chorującymi na Alzheimera (Qi i in., 2023).
- ADReSS (*The Alzheimer's Dementia Recognition through Spontaneous Speech*) – zbiór danych pochodzący z konferencji „Interspeech 2020” (Luz i in., 2020). Zawiera nagrania od 78 osób zdrowych oraz 78 nagrań od osób z chorobą Alzheimera w tym samym wieku oraz płci.

Zatem warto byłoby stworzyć zarówno globalne, jak i lokalne (w podziale na kraje) zbiory, a następnie porównać wyniki. Wymagałoby to ogromnych nakładów finansowych oraz czasu na przeprowadzenie i zebranie odpowiednich grup, jednakże warto rozważyć taką opcję. W kwestii praktyczności zastosowania technik przetwarzania języka naturalnego istnieją pewne ograniczenia i wątpliwości. Automatyczne rozpoznawanie mowy wymaga opracowania bardziej zaawansowanych algorytmów. Dodatkowo wykrywanie zmian oraz wzorców językowych powinno opierać się na dużo większych zbiorach danych, które dodatkowo umożliwią lepsze trenowanie i testowanie algorytmów, co przyczyni się do prawdopodobnie większej skuteczności tych technik przetwarzania języka naturalnego. Należy również wspomnieć, iż należy usprawnić i rozwinąć interfejsy użytkownika, które umożli-

wią łatwe i intuicyjne korzystanie z tych technik NLP przez np. personel medyczny. W związku z tym szpitale oraz kliniki medyczne mogłyby użytkować oprócz podstawowych metod diagnostycznych również techniki NLP, które służyłyby jako dodatkowe potwierdzenie diagnozy. Jednakże zanim to nastąpi, potrzeba odpowiednich procedur odnoszących się m.in. do wdrożenia, schematów postępowania, wykorzystania algorytmów, przechowywania danych. Co więcej, ważne jest stworzenie systemów automatycznej analizy mowy, które będą w czasie rzeczywistym zapewniać szczegółową, szybką i skuteczną diagnozę. Ponadto warto byłoby zainwestować w szkolenia dla personelu medycznego na temat wykorzystania nowych technik w praktyce klinicznej lub stworzyć odrębnych specjalistów, którzy wspomagaliby proces diagnozowania. Dzięki połączeniu wiedzy medycznej oraz technologicznej można byłoby skuteczniej przeprowadzać testy diagnostyczne.

Wobec tego należy również zwrócić uwagę na kwestię bezpieczeństwa danych oraz pacjentów, a także akceptacji wdrożenia technik NLP. Bardzo ważne w całym procesie będzie stworzenie oraz przestrzeganie wysokich standardów ochrony prywatności danych medycznych. Bezpieczeństwo przechowywania danych, ale także przetwarzanie zgodne z odpowiednimi regulacjami jak RODO (Rozporządzenie o Ochronie Danych Osobowych w państwach Unii Europejskiej) czy The Gramm Leach Bliley Act (w Stanach Zjednoczonych) (ICLG, 2024) będzie stanowiło jedno z podstawowych wyzwań tego przedsięwzięcia. Ponadto trzeba by było stworzyć grupę osób odpowiedzialnych za dostęp do danych oraz odpowiedzialnych za ich integrację, co jest kluczowe dla zachowania zaufania osób potencjalnie chorych/osób z chorobą Alzheimera do stosowania nowych technologii w obszarze opieki zdrowotnej. Z tym może wiązać się wprowadzenie szkoleń, informacji, narzędzi do edukacji dotyczących wykorzystania technik NLP w diagnozowaniu choroby Alzheimera. Przed wdrożeniem warto byłoby przeprowadzić badania ankietowe wyjaśniające potrzebę wdrożenia oraz doinformowania w tej kwestii respondentów – na początku grupę personelu medycznego, a dopiero później samych pacjentów oraz ich najbliższych. W ten sposób będzie można określić, jakie podejścia i emocje niesie ze sobą wprowadzenie tej zmiany. Wraz z tymi badaniami pojawia się kwestia etyki i bezpieczeństwa osób, które będą brały udział w diagnozowaniu choroby Alzheimera. Warto zwrócić uwagę, iż analiza danych nagrań głosowych powinna uwzględniać ochronę prywatności pacjentów. Wiąże się z tym wdrożenie odpowiednich zabezpieczeń, protokołów oraz poufność danych. Niestety istnieje ryzyko, iż osoby z chorobą Alzheimera z różnym stopniem zaawansowania mogą czuć dyskomfort czy niechęć do udziału w badaniach, zwłaszcza gdy ich nagrania głosowe będą wykorzystywane w celach diagnostycznych innych osób. Zatem należy odpowiednio zadbać o dane osoby przez wdrożenie konkretnych standardów opieki oraz należytego szacunku.

4. Identyfikacja kluczowych wyzwań

W kwestii głębszego zrozumienia technik przetwarzania języka naturalnego w diagnozowaniu choroby Alzheimera oraz usprawnienia tego procesu bardzo ważne jest zrozumienie potencjalnych wyzwań i szans w opiece medycznej, które wynikają z postępów w przetwarzaniu języka naturalnego.

Zdrowie publiczne ma za zadanie dążenie do optymalnych wyników zdrowotnych w różnych populacjach poprzez opracowywanie i wdrażanie takich rozwiązań, które koncentrują się na możliwych do zmiany przyczynach złego stanu zdrowia (Jackson i Huston, 2016; Marmot i in., 2010; Arcaya i in., 2015). Osiąga się to przez efektywną diagnostykę chorób lub czynników ryzyka w populacji oraz danych populacji, zapobieganiu rozprzestrzenianiu chorób oraz oceny wyników tych działań (Ndumbe-Eyoh i in., 2016). Przyjmuje się taką koncepcję, według której podejmuje się odpowiednie decyzje mianowicie: PICO (*patient/ problem, intervention/ exposure, comparison/ outcome*), czyli pacjent/problem, interwencja/ ekspozycja, porównanie/ wynik, dzięki której jest możliwość odpowiedzi na dane pytania kliniczne lub te dotyczące zdrowia publicznego (Alonso-Coello i in., 2016).

Przetwarzanie języka naturalnego w obecnych czasach, gdzie informacje są publikowane i tworzone na dużą skalę, dało nowe możliwości badań opartych na tekście oraz podejmowaniu decyzji opartych na dowodach. W odniesieniu do opieki medycznej można wymienić następujące korzyści wynikające z wykorzystania NLP (Bačlic i in., 2020):

- szybka analiza dużej liczby nieustrukturyzowanych lub półstrukturyzowanych danych;
- możliwość wykorzystania NLP do identyfikacji populacji, interwencji i wyników potrzebnych do nadzorowania chorób, ich zapobiegania oraz promocji zdrowia;
- zdolność do przewidywania obecności depresji przed jej zarejestrowaniem w dokumentacji medycznej (Harris i in., 2014);
- możliwość przeprowadzania szybkiego przeglądu publikacji naukowych w celu uzyskania rekomendacji dotyczących zapobiegania lub leczenia chorób na podstawie najnowszych dowodów naukowych;
- wykorzystanie platform NLP do odpowiadania na pytania oraz tworzenia chatbotów, które mogą poprawić działania promocji zdrowia, angażując jednostki i dostarczając spersonalizowanego wsparcia czy porad.

Pomimo bardzo wielu zalet, które znacznie poprawiają efektywność opieki medycznej, począwszy od określenia potencjalnych czynników ryzyka chorób, wczesnej diagnozy, analizy danych aż do sugerowania, jakie leczenie w danym przypadku może być najbardziej skuteczne, przetwarzanie języka naturalnego niesie ze sobą też wiele wyzwań, które mogą znacznie ograniczyć możliwości wykorzystania. Głównymi problemami, z którymi należy się zmierzyć, są:

- zależność od dostępności oraz jakości danych treningowych dla danych modeli (Tatman i Conner, 2017). Chociaż w ostatnich latach wzrasta liczba bezpłatnie

dostępnych zbiorów danych biomedycznych i wstępnie przeszkolonych modeli, dostępność tych dotyczących koncepcji zdrowia publicznego pozostaje ograniczona;

- konieczność eliminacji stronniczości w danych – nieuwzględnienie stronniczości w opracowywaniu (np. adnotacji danych), wdrażaniu (np. wykorzystanie wstępnie przeszkolonych platform) i ocenie modeli NLP mogłoby zagrozić osiągnięciom modelu i pogłębić istniejące nierówności zdrowotne (Baclic i in., 2020). Mimo to należy również zwracać uwagę na inne czynniki, które model musi uwzględniać na przykład: grupy wiekowe, status społeczno-ekonomiczny w trakcie analizy danych medycznych przez media społecznościowe;
- ograniczony dostęp do danych – np. w Kanadzie dane zdrowotne z powodu regulacji bezpieczeństwa oraz poufności niechętnie udostępnia się możliwość ich przeglądania. Co ciekawe badanie Forda i in. (2019) wykazało, iż większość użytkowników mediów społecznościowych nie wyraża zgody na analizę swoich danych w celu identyfikacji problemów związanych ze zdrowiem psychicznym;
- ograniczone zestawy danych – jest zbyt mało zestawów danych, które mogłyby być użyte w badaniach z wykorzystaniem różnych technik NLP;
- ocena i ewaluacja modeli NLP – w celu zapewnienia zgodności z normami etycznymi oraz poprawności działania modeli należy je odpowiednio analizować. Nawet jeśli modele osiągają wysokie wyniki, nie oznacza to koniecznie, że w pełni rozumieją język. Warto jednak pamiętać, że modele mogą być nadal skuteczne w ekstrakcji informacji, klasyfikacji czy choćby zadań związanych z przewidywaniem, nawet jeśli nie rozumieją języka w pełni.

Techniki przetwarzania języka naturalnego (NLP) oferują obiecujące korzyści w opiece medycznej, jednakże istnieją również wyzwania związane z NLP, w tym ograniczony dostęp do odpowiednio skategoryzowanych i oznakowanych danych treningowych, konieczność eliminacji stronniczości w danych, czemu należałoby się przyjrzeć w dalszych badaniach w tym temacie.

5. Zakończenie

Analiza porównawcza dotychczas wykonanych badań oraz przegląd literatury w zakresie omawianej dziedziny pozwoliły na wskazanie kilku obszarów, w których NLP zarówno wykazuje się istotną rolą w danym procesie, ale również aspekty, które mogą mieć istotny wpływ na poprawę nie tylko diagnostyki choroby Alzheimera, ale także poprawę opieki nad osobami cierpiącymi na to schorzenie. Zidentyfikowano potencjalne wyzwania, z którymi muszą zmierzyć się badacze, jak implementacja oraz dalszy rozwój technologii przetwarzania języka naturalnego pod względem w szczególności odpowiedniej jakości danych treningowych i regulacji dotyczących prywatności danych pacjentów.

Główne wnioski płynące z tego artykułu to:

- konieczność dalszych badań i rozwój technologii przetwarzania języka naturalnego do skuteczniejszego wykorzystania w praktyce klinicznej;
- wykorzystanie w NLP bardziej zaawansowanych modeli, np. głębokiego uczenia, co może przyczynić się do usprawnienia procesu diagnozowania choroby Alzheimera, personalizacji leczenia w tym dostosowywania odpowiednich terapii oraz monitorowania ich postępów;
- zwiększona potrzeba uwzględnienia personalizacji diagnozy, gdyż objawy choroby Alzheimera mogą się różnić między poszczególnymi przypadkami. Wynika to zarówno z czynników, takich jak wiek, przebyte choroby, urazy mózgu, genetyki, czynników środowiskowych oraz indywidualnych;
- stworzenie globalnych oraz krajowych baz danych z różnorodnymi aspektami danej choroby – preferowane byłyby nagrania wideo, z których można by pobrać dane audio, ale również odczytać mimikę i zachowanie danych osób, które na pewnym etapie mogą być indykatorem postępującego schorzenia. Ponadto warto byłoby uwzględnić możliwość aktualizacji tych danych, np. w których przypadkach i jakie objawy doprowadziły do diagnozy;
- uwzględnienie w dalszych badaniach oraz przy tworzeniu bazy danych zróżnicowania populacji osób z chorobą Alzheimera oraz specyfiki objawów tego schorzenia, co pozwoli na porównywanie danych między populacjami;
- konieczność dalszej kontynuacji interdyscyplinarnych badań i współpracy – nauki medyczne, nauki technologiczne, nauki o języku. Poprzez zwiększenie wysiłków naukowych z różnych dziedzin można będzie maksymalnie wykorzystać potencjał w diagnozowaniu, leczeniu oraz poprawie opieki nad osobami cierpiącymi na to schorzenie neurodegeneracyjne;
- warto rozważyć współpracę pomiędzy środowiskiem badań klinicznych, sektorem naukowym oraz technologicznym, aby przyspieszyć innowacyjne rozwiązania i wdrożyć je szybciej w trakcie, gdy będą dopracowywane szczegóły technologii przetwarzania języka naturalnego w praktyce;
- warto również podkreślić znaczenie edukacji i szkoleń dla personelu medycznego zakres oraz znaczenie technologii przetwarzania języka naturalnego przy schorzeniu Alzheimera. Świadomość możliwości, jakie niesie ze sobą ta technologia nie tylko w diagnostyce, może prowadzić do lepszej integracji w codziennej praktyce klinicznej;
- dodatkowe inwestycje w rozwój tej technologii mogą przynieść korzyści nie tylko dla pacjentów i personelu medycznego, ale również dla systemów opieki zdrowotnej. Dlatego warto pogłębiać wysiłki badawcze i innowacyjne w walce z tym rozprzestrzeniającym się schorzeniem neurodegeneracyjnym.

Dodatkowo, technologie NLP wykazują obiecujący potencjał nie tylko w diagnostyce, ale także w leczeniu choroby Alzheimera. Identyfikacja obszarów z największym potencjałem dla NLP w leczeniu choroby Alzheimera jest kluczowym krokiem w dalszym rozwoju tej dziedziny. W związku z tym istnieje potrzeba dalszego

skupienia się na badaniach nad zastosowaniem NLP w leczeniu oraz w wsparciu opiekunów pacjentów, co może przyczynić się do poprawy jakości życia zarówno chorych, jak i ich opiekunów. NLP może być używane do monitorowania i analizy komunikacji pacjentów w celu identyfikacji subtelnych zmian w języku, które mogą wskazywać na progresję choroby. Zastosowanie NLP w terapii może umożliwić personalizację leczenia oraz efektywne monitorowanie postępów, a także identyfikację najbardziej skutecznych metod terapeutycznych. Analiza komunikacji i potrzeb opiekunów może dostarczyć cennych informacji do poprawy systemów wsparcia oraz wprowadzenia nowych procedur opieki. NLP może również wspierać edukację i profilaktykę choroby Alzheimera, zwiększając świadomość społeczeństwa, wspierając wcześniejsze wykrywanie oraz wdrażanie leczenia.

Literatura

- Alonso-Coello, P. i in. (2016). GRADE Evidence to Decision (EtD) Frameworks: A Systematic and Transparent Approach to Making Well Informed Healthcare Choices. 1: Introduction. *BMJ (Clinical research ed.)*, (353), i2016. <https://doi.org/10.1136/bmj.i2016>
- Arcaya, M. C., Arcaya, A. L. i Subramanian S. V. (2015). Inequalities in Health: Definitions, Concepts, and Theories. *Global Health Action*, (8), 27106. <https://doi.org/10.3402/gha.v8.27106>
- Baclic, O., Tunis, M., Young, K., Doan, C., Swerdfeger, H., i Schonfeld, J. (2020). Challenges and Opportunities for Public Health Made Possible by Advances in Natural Language Processing. *Canada Communicable Disease Report = Releve des Maladies Transmissibles au Canada*, 46(6), 161-168. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v46i06a02>
- Boller, F., i Becker, J. (2005). *Dementiabank Database Guide*. University of Pittsburgh.
- de Lira, J. O., Ortiz, K. Z., Campanha, A. C., Bertolucci, P. H., i Minett, T. S. (2011). Microlinguistic Aspects of the Oral Narrative in Patients with Alzheimer's Disease. *International psychogeriatrics*, 23(3), 404-412. <https://doi.org/10.1017/S1041610210001092>
- Dubois, B., i in. (2016). Preclinical Alzheimer's Disease: Definition, Natural History, and Diagnostic Criteria. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 12(3), 292-323. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2016.02.002>
- Engelborghs, S., i in. (2008). Diagnostic Performance of a CSF-biomarker Panel in Autopsy-Confirmed Dementia. *Neurobiology of Aging*, 29(8), 1143-1159. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2007.02.016>
- Erkkinen, M. G., Kim, M. O., i Geschwind, M. D. (2018). Clinical Neurology and Epidemiology of the Major Neurodegenerative Diseases. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 10(4), 1-44. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a033118>
- Ford, E., Curlew, K., Wongkoblap, A., i Curcin, V. (2019). Public Opinions on Using Social Media Content to Identify Users with Depression and Target Mental Health Care Advertising: Mixed Methods Survey. *JMIR Mental Health*, 6(11), e12942. <https://doi.org/10.2196/12942>
- Fraser, K. C., Meltzer, J. A., i Rudzicz, F. (2016). Linguistic Features Identify Alzheimer's Disease in Narrative Speech. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 49(2), 407-422. <https://doi.org/10.3233/JAD-150520>
- Gagliardi, G., Kokkinakis, D., i Duñabeitia, J. A. (2021). Editorial: Digital Linguistic Biomarkers: Beyond Paper and Pencil Tests. *Frontiers in Psychology*, (12), 752238. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.752238>

- Gaweł, M. i Potulska-Chromik, A. (2015). Choroby eurodegeneracyjne: choroba Alzheimera i Parkinsona. *Postępy Nauk Medycznych*, 28(7), 468-476.
- Habash, A., i Guinn, C. (2012). *Language Analysis of Speakers with Dementia of the Alzheimer's Type*. In Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) Fall Symposium, 2012, 8-13.
- Harris, J. K., Mansour, R., Choucair, B., Olson, J., Nissen, C., i Bhatt, J. (2014). Health Department Use of Social Media to Identify Foodborne Illness – Chicago, Illinois, 2013-2014. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(32), 681-685.
- ICLG. (2024). *Data Protection Laws and Regulations USA 2023-2024*. Pobrane 4 maja 2024 z <https://iclg.com/practice-areas/data-protection-laws-and-regulations/usa>
- Jackson, B., i Huston, P. (2016). Advancing Health Equity to Improve Health: The Time is Now. *Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada: Research, Policy and Practice*, 36(2), 17-20. <https://doi.org/10.24095/hpcdp.36.2.01>
- König, A., i in. (2015). Automatic Speech Analysis for the Assessment of Patients with Predementia and Alzheimer's Disease. *Alzheimer's & Dementia (Amsterdam, Netherlands)*, 1(1), 112-124. <https://doi.org/10.1016/j.dadm.2014.11.012>
- López-de-Ipiña, K., i in. (2013). On the Selection of Non-Invasive Methods Based on Speech Analysis Oriented to Automatic Alzheimer Disease Diagnosis. *Sensors*, 13(5), 6730-6745. <https://doi.org/10.3390/s130506730>
- Luz, S., Haider, F., de la Fuente, S., Fromm, D., i MacWhinney, B. (2020). Alzheimer's Dementia Recognition through Spontaneous Speech: The Address Challenge. W: *Proceedings of Interspeech 2020* (Grenoble: ISCA), 2172-2176.
- Marmot, M., Allen, J., Goldblatt, P., Boyce, T., McNeish, D., Grady, M., i Geddes, I. (2010). *The Marmot Review. Fair Society, Healthy Lives: Strategic Review of Health Inequalities in England post-2010*. UCL Institute of Health Equity. Pobrane 6 kwietnia 2024 z <http://www.parliament.uk/documents/fair-society-healthy-lives-full-report.pdf>
- Meilán J. J. G., Martínez-Sánchez F., Carro J., López D., Millian-Morell L., i Arana J. (2014). Speech in Alzheimer's Disease: Can Temporal and Acoustic Parameters Discriminate Dementia? *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 37(5-6), 327-334. <https://doi.org/10.1159/000356726>
- Momota, Y., i in. (2023). Language Patterns in Japanese Patients with Alzheimer Disease: A Machine Learning Approach. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 77(5), 273-281. <https://doi.org/10.1111/pcn.13526>
- Myszczynska, M. A., i in. (2020). Applications of Machine Learning to Diagnosis and Treatment of Neurodegenerative Diseases. *Nature Reviews Neurology*, 16(8), 440-456. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-0377-8>
- National Cancer Institute. (b.d.). *Neurodegenerative Disorder*. Cancer.gov. Pobrano 7 maja 2024 z <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/neurodegenerative-disorder>
- Ndumbe-Eyoh, S., Dyck, L., i Clement, C. (2016). *Common Agenda for Public Health Action on Health Equity*. National Collaborating Centre for Determinants of Health, St Francis Xavier University.
- Pope, C., i Davis, B. (2011). Finding a Balance: The Carolinas Conversation Collection. *Corpus Linguistics and Linguistic Theory*, 7(1), 143-161. <https://doi.org/10.1515/cllt.2011.007>
- Poradnik Gemini. (b.d.). *Choroby neurologiczne – czym są? Rodzaje, objawy, leczenie, profilaktyka*. Gemini.pl. Pobrano 7 maja 2024 z <https://gemini.pl/poradnik/zdrowie/choroby-neurologiczne/>
- Qi, X., Zhou, Q., Dong, J., i Bao, W. (2023). *Noninvasive Automatic Detection of Alzheimer's Disease from Spontaneous Speech: A Review*. *Frontiers in Aging Neuroscience*, (15). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1224723>
- Rentoumi, V., Raoufian, L., Ahmed, S., de Jager, C. A., i Garrard, P. (2014). Features and Machine Learning Classification of Connected Speech Samples from Patients with Autopsy Proven Alzheimer's Disease with and without Additional Vascular Pathology. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 42 Suppl 3, S3-S17. <https://doi.org/10.3233/JAD-140555>

- Shahidi, R., i in. (2023). Diagnostic Performance of MRI Radiomics for Classification of Alzheimer's Disease, Mild Cognitive Impairment, and Normal Subjects: A Systematic Review and meta-Analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 35(11), 2333-2348. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02565-x>
- Shusharina, N., i in. (2023). Modern Methods of Diagnostics and Treatment of Neurodegenerative Diseases and Depression. *Diagnostics*, 13(3), 1-27. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030573>
- Skirrow, C., i in. (2022). Validation of a Remote and Fully Automated Story Recall Task to Assess for Early Cognitive Impairment in Older Adults: Longitudinal Case-Control Observational Study. *JMIR aging*, 5(3). <https://doi.org/10.2196/37090>
- Tagaris, A., Kollias, D., Stafylopatis, A., Tagaris, G., i Kollias, S. (2018). Machine Learning for Neurodegenerative Disorder Diagnosis—Survey of Practices and Launch of Benchmark Dataset. *International Journal of Artificial Intelligence Tools*, 27(3), 1-27. <https://doi.org/10.1142/S0218213018500112>
- Tatman, R., i Conner, K. (2017). Effects of Talker Dialect, Gender & Race on Accuracy of Bing Speech and YouTube Automatic Captions. *Proc Interspeech*, 934-8. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2017-1746>
- Thau, L., Reddy, V., i Singh, P. (2022). Anatomy, Central Nervous System. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. Pobrano 7 maja 2024 r z <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542179/>
- Thomas, C., Keselj, V., Cercone, N., Rockwood, K., i Asp, E. (2005). *Automatic Detection and Rating of Dementia of Alzheimer Type Through Lexical Analysis of Spontaneous Speech*. IEEE International Conference Mechatronics and Automation, 1569-1574. <https://doi.org/10.1109/ICMA.2005.1626789>
- Wu, Y., Le, W., i Jankovic, J. (2011). Preclinical Biomarkers of Parkinson Disease. *Archives of Neurology*, (68), 22-30. <https://doi.org/10.1001/archneurol.2010.321>
- Zhou, L., Fraser, K. C., i Rudzicz, F. (2016). *Speech Recognition in Alzheimer's Disease and in its Assessment*. Proceeding of Interspeech 2016, 1948-1952. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2016-1228>

Application of Natural Language Processing (NLP) in the Diagnosis and Treatment of Alzheimer's Disease

Abstract: The following article addresses the role of various natural language processing (NLP) techniques in the diagnosis and treatment of Alzheimer's disease. Additionally, the paper examines the interactions between linguistics and neurobiology in the context of these techniques. The work is based on sources such as scientific literature, specialist journals, and information available on the Internet. The research methods used in this thesis include a literature review, a comparative analysis of specific studies, and the identification of areas for further research along with proposals for improving the application of natural language processing techniques in Alzheimer's disease. The comparative analysis of studies revealed the necessity for further research, the development of NLP with the use of deep learning, personalised treatment, the creation of global databases, and interdisciplinary collaboration to enhance the benefits for patients, medical personnel, and healthcare systems.

Keywords: natural language processing, NLP, Alzheimer's disease

Ewelina Ząb

e-mail: 188632@student.ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0008-5147-486X

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Porównanie funkcjonalności i atrakcyjności wybranych aplikacji inwestycyjnych dla inwestorów indywidualnych

DOI: 10.15611/2024.80.2.08
JEL Classification: E22, G11, O16

@ 2024 Ewelina Ząb

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Ząb, E. (2024). Porównanie funkcjonalności i atrakcyjności wybranych aplikacji inwestycyjnych dla inwestorów indywidualnych. W: H. Dudycz (red.), *Informatyka w biznesie* (s. 105-116). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Praca koncentruje się na analizie nowoczesnych aplikacji mobilnych jako kluczowych narzędzi wspierających indywidualne inwestycje giełdowe. Jej celem jest ocena funkcjonalności oraz roli tych aplikacji w stymulowaniu aktywności inwestycyjnej. W jej ustaleniu pomogła analiza porównawcza wybranych ośmiu aplikacji inwestycyjnych pod kątem ich użyteczności i wpływu na decyzje inwestorów. Metody badawcze obejmują analizę literatury, źródeł danych oraz obserwację zachowania użytkowników. Główne wnioski podkreślają rosnące znaczenie mobilnych platform inwestycyjnych jako istotnego czynnika kształtującego dynamikę rynku finansowego.

Słowa kluczowe: inwestowanie, aplikacje mobilne, aplikacje inwestycyjne, platformy inwestycyjne, profil inwestora

1. Wstęp

W ostatnich latach rozwój technologii mobilnych radykalnie zmienił sposób, w jaki inwestorzy indywidualni mają dostęp do rynków finansowych. Mobilne aplikacje inwestycyjne stały się kluczowymi narzędziami, które nie tylko umożliwiają szybkie i wygodne dokonywanie transakcji, ale także wpływają na dynamikę i strukturę całego rynku finansowego.

Niniejszy artykuł koncentruje się na roli nowoczesnych aplikacji mobilnych jako narzędzi wspierających indywidualne inwestycje giełdowe, mających znaczący wpływ na decyzje inwestycyjne użytkowników. Głównym problemem badawczym jest ocena, które z dostępnych aplikacji mobilnych najlepiej wspierają indywidual-

nych inwestorów w procesie inwestycyjnym. W związku z tym, kluczowe pytania badawcze, na które stara się odpowiedzieć ten artykuł, to: Jakie funkcjonalności są najbardziej pożądane przez inwestorów indywidualnych? Jakie są kryteria wyboru odpowiednich aplikacji? – oraz – W jaki sposób różnorodne cechy aplikacji wpływają na decyzje inwestycyjne?

W dalszej części artykułu omówione zostaną przyjęte metody badawcze, szczegółowe wyniki analizy porównawczej wybranych aplikacji oraz wnioski dotyczące ich rosnącej roli w kształtowaniu współczesnego rynku finansowego.

2. Profil inwestora indywidualnego

Rynki inwestycyjne przyciągają tysiące inwestorów, czyli osób, których celem jest pomnożenie kapitału poprzez działalność na różnych platformach finansowych. Ekonomiczna definicja inwestycji określa ją jako świadomą decyzję o rezygnacji z bieżącej konsumpcji na rzecz osiągnięcia zysków w przyszłości (Daniluk, 2015). Szczególną grupą inwestorów są inwestorzy indywidualni. Charakteryzują się oni większą ostrożnością w podejmowaniu ryzyka niż inwestorzy korporacyjni oraz mniejszym kapitałem do dyspozycji (Daniluk, 2015). Według badaczy ze Stowarzyszenia Inwestorów Indywidualnych (SII), inwestorzy indywidualni stanowią niespełna 20% ogólnej liczby inwestorów na rynku kapitałowym (SII, 2023). Warto jednak zauważyć, że w 2020 roku, w wyniku pandemii i większej ilości dostępnego czasu, odsetek inwestorów indywidualnych znacząco wzrósł. Znany inwestor Benjamin Graham (1972), twórca analizy fundamentalnej, wyróżnił trzy typy inwestorów: defensywnego, agresywnego oraz hybrydowego, klasyfikując ich na podstawie preferencji dotyczących wyboru instrumentów finansowych.

W 2023 roku SII przeprowadziło ogólnopolskie badanie mające na celu analizę profilu inwestora indywidualnego. Uczestniczyło w nim 4546 aktywnych inwestorów (SII, 2023). Z wyników badania wynika, że statystyczny polski inwestor to mężczyzna (zaledwie 8% ankietowanych to kobiety) w wieku od 36 do 45 lat (34% ankietowanych), z wykształceniem wyższym (55%). Warto zaznaczyć, że tylko 21% respondentów posiada wykształcenie ekonomiczne, a ponad połowa ankietowanych ma mniej niż pięć lat doświadczenia w inwestowaniu.

Globalne dane Międzynarodowego Funduszu Walutowego (International Monetary Fund [IMF], 2022) pokazują, że indywidualni inwestorzy najwięcej inwestują na amerykańskim rynku kapitałowym. Kolejne pozycje zajmują kraje z korzystnymi systemami podatkowymi oraz bogate państwa europejskie, jak Luksemburg, Irlandia i Niemcy.

W 2022 roku BNY Mellon, we współpracy ze World Economic Forum (WEF, 2022), przeprowadził globalne badanie ankietowe, pytając inwestorów o skład ich portfeli inwestycyjnych. Wyniki pokazały, że akcje spółek dominowały w portfelach indywidualnych inwestorów we wszystkich badanych krajach. Podobna tendencja

zaobserwowana została na warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych, gdzie w ciągu ostatnich trzech lat akcje stanowiły największą część portfeli inwestorów indywidualnych (83% w 2023 roku) (SII, 2023).

Badacze z WEF prognozują dalszy wzrost liczby inwestorów indywidualnych oraz wartości branży alternatywnych inwestycji w najbliższych latach. Już w 2021 roku ogólna liczba użytkowników aplikacji inwestycyjnych przekroczyła 137 milionów (Curry, 2024). Istotnym aspektem tej dynamiki są narzędzia do przeprowadzania operacji giełdowych, które są obecnie dostępne dla inwestorów indywidualnych.

3. Założenia realizacji badania

Dzięki obecności technologii mobilnych indywidualni inwestorzy, którzy wcześniej musieli korzystać z usług brokerów i analityków, mogą teraz samodzielnie zarządzać swoimi portfelami za pomocą aplikacji mobilnych. Na rynku dostępnych jest wiele aplikacji. W artykule przeprowadzono szczegółową analizę porównawczą ośmiu wybranych aplikacji do indywidualnych inwestycji giełdowych z różnych krajów, w tym z Polski (Lencses, 2024).

Wybór aplikacji do analizy był podyktowany ich popularnością na globalnym rynku, dostępnością w różnych krajach, a także zróżnicowanymi funkcjonalnościami oferowanymi użytkownikom. Wybrane aplikacje reprezentują różne modele biznesowe, poziomy zaawansowania technologicznego oraz różnorodność rynków, na których działają. Oprócz tego aplikacje te zostały wybrane na podstawie ich wysokich ocen w rankingach branżowych (Nasil, 2024).

Do analizy porównawczej zastosowano osiem kluczowych parametrów: funkcjonalność aplikacji, intuicyjność interfejsu, koszty, dostępność narzędzi analitycznych, wsparcie dla użytkowników, bezpieczeństwo oraz opinie użytkowników.

W analizie porównawczej uwzględniono kryteria przedstawione w tabeli 1.

Oceny dokonano na uproszczonej i ustandaryzowanej skali Likerta (Chmielarz i Szumski, 2018):

- 0,00 – kryterium nie jest realizowane,
- 0,25 – kryterium realizowane na poziomie minimalnym,
- 0,50 – kryterium realizowane na poziomie średnim,
- 0,75 – kryterium realizowane na poziomie dobrym,
- 1,00 – kryterium realizowane całkowicie.

Każde z wymienionych kryteriów oceniono przy użyciu skali Likerta, co pozwoliło dokładnie określić jakość poszczególnych cech aplikacji. Oceny oparte były na zebranych danych empirycznych, co dało możliwość identyfikacji mocnych i słabych stron każdej z badanych aplikacji.

Tabela 1. Zastosowane kryteria do przeprowadzonej analizy porównawczej

Parametr ogólny	Kryterium oceny	Problem badawczy
Koszty i opłaty	Brak prowizji za transakcje	Czy aplikacja pobiera prowizję za kupno bądź sprzedaż instrumentów finansowych?
	Brak opłat za utrzymanie konta	Czy naliczane są regularne (miesięczne bądź roczne) opłaty za utrzymanie konta inwestycyjnego?
	Brak dodatkowych opłat	Czy w aplikacji pobierane są opłaty za wypłatę środków, konwersje walut, dostęp do rozszerzonych funkcjonalności lub inne aktywności?
Dostępne instrumenty finansowe	Akcje	Czy aplikacja umożliwia handel akcjami z różnych rynków finansowych?
	Fundusze ETF	Czy aplikacja oferuje fundusze ETF?
	Obligacje i fundusze obligacyjne	Czy dostępne są w aplikacji inwestycje w obligacje?
	Inne produkty	Czy w aplikacji istnieje możliwość inwestowania w kryptowaluty bądź surowce?
Funkcje i narzędzia	Narzędzia do zarządzania portfelem	Czy aplikacja pozwala na śledzenie wydajności portfela oraz analizę ryzyka?
	Analiza techniczna	Czy aplikacja oferuje narzędzia do analizy technicznej?
	Alerty i powiadomienia	Czy użytkownik może ustawić powiadomienia dotyczące interesujących go wiadomościach?
	Platformy	Czy aplikacja dostępna jest na różne platformy, takie jak iOS, Android, przeglądarka internetowa, aplikacja desktopowa?
	Interfejs użytkownika	Czy aplikacja jest łatwa w użytkowaniu i intuicyjna?
	Obsługa klienta	Jakie formy kontaktu z obsługą techniczną zawiera aplikacja?
Bezpieczeństwo	Regulacje i licencje	Czy aplikacja jest regulowana przez odpowiednie instytucje finansowe?
	Ochrona danych	Czy w aplikacji stosowane są mechanizmy ochronnych danych użytkownika, takie jak dwustopniowa weryfikacja lub szyfrowanie danych?
Opinie	Oceny w sklepach z aplikacjami	Jakie oceny otrzymała aplikacja na platformach, takich jak App Store i Google Play?

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

4. Analiza porównawcza

4.1. Schwab Mobile

Schwab Mobile, aplikacja należąca do Charles Schwab, to kompleksowe wsparcie dla inwestorów. Firma, założona w 1975 roku, zarządza aktywami o wartości 8,56 biliona USD i obsługuje 35 milionów aktywnych kont brokerskich (Schwab Press Room, 2024).

Schwab Mobile pobiera różne prowizje w zależności od typu instrumentu finansowego (Schwab, 2024). Transakcje online akcji, funduszy ETF, opcji i obligacji są bez prowizji, ale za transakcje opcjami naliczana jest opłata w wysokości 0,65 USD za kontrakt. Kontrakty terminowe i opcje terminowe wiążą się z opłatą 2,25 USD za kontrakt. Schwab Mobile nie pobiera opłat za utrzymanie podstawowego konta inwestycyjnego, ale minimalne saldo konta wynosi 5000 USD. Dostępne są także zaawansowane opcje kont, takie jak Intelligent Portfolios Premium z miesięczną opłatą 30 USD oraz Schwab Wealth, gdzie opłata wynosi 0,80% wartości aktywów, a minimalne saldo wynosi 1 milion USD.

Aplikacja oferuje szeroki wybór instrumentów finansowych, w tym ponad 3000 akcji, ponad 2000 funduszy ETF oraz ponad 7900 funduszy inwestycyjnych. Dostępne są także obligacje, kontrakty terminowe, opcje oraz Forex.

Funkcje Schwab Mobile obejmują Portfolio Checkup do analizy wydajności portfela i oceny ryzyka, narzędzia do efektywności podatkowej, analizy portfela oraz planowania emerytalnego. Inwestorzy mają dostęp do różnorodnych raportów, w tym dotyczących podatków. Narzędzia do analizy technicznej i fundamentalnej wspierają decyzje inwestycyjne. Bezpieczeństwo aplikacji Schwab Mobile jest zapewnione dzięki dwuetapowej autoryzacji i nadzorowi amerykańskich regulatorów finansowych. Oceny użytkowników w App Store wynoszą 4,8 na 5, a w Google Play 2,3 na 5, co średnio daje ocenę 4,7.

Schwab Mobile jest dostępna na różne platformy, zapewniając elastyczność i użyteczność dla użytkowników na całym świecie.

4.2. XTB

XTB rozpoczęło działalność w 2002 roku. Firma skupia się na minimalizowaniu kosztów dla inwestorów poprzez niskie opłaty i prowizje. Na koniec 2023 roku XTB miało 897 573 klientów, a przychody operacyjne wyniosły 506 740 000 PLN, z czego 57% pochodziło z Polski (XTB, 2024b). XTB oferuje konkurencyjne koszty handlu, głównie poprzez spready oraz bezprowizyjny handel akcjami i funduszami ETF. Utrzymanie konta jest darmowe, jednak brak aktywności w ciągu roku wiąże się z opłatą 10 EUR miesięcznie (XTB, 2024a). W aplikacji dostępne są szerokie opcje CFD na akcje, waluty i kryptowaluty, z minimalną opłatą za konwersję walut.

Platforma XTB umożliwia inwestowanie w ponad 30 globalnych indeksów, 70 par walutowych i ponad 2022 CFD na akcje globalne. Brakuje możliwości inwe-

stowania w obligacje, ale są dostępne surowce i kryptowaluty. Interfejs aplikacji jest intuicyjny, oferujący funkcje wyszukiwania, plany inwestycyjne ETF i szereg narzędzi analitycznych.

XTB podlega nadzorowi kilku instytucji finansowych, w tym Komisji Nadzoru Finansowego (KNF) w Polsce i Financial Conduct Authority (FCA) w Wielkiej Brytanii, co zapewnia bezpieczeństwo transakcji. Aplikacja cieszy się pozytywnymi ocenami użytkowników na App Store i Google Play.

Podsumowując, XTB to platforma brokerów online z konkurencyjnymi kosztami, szeroką ofertą instrumentów finansowych i zaawansowanymi narzędziami, przyciągającą szerokie grono inwestorów poszukujących niezawodnych rozwiązań inwestycyjnych.

4.3. Trade Republic

Trade Republic, założone w 2015 roku w Monachium, to aplikacja inwestycyjna, która działa w 17 krajach europejskich i obsługuje ponad 4 miliony użytkowników, zarządzając aktywami o wartości 35 miliardów EUR.

Aplikacja oferuje jedno z najniższych opłat w Europie – brak prowizji za transakcje zakupu i sprzedaży instrumentów finansowych. Zamiast tego każda taka transakcja jest obciążana opłatą ryczałtową w wysokości 1 EUR (Trade Republic, 2024). Trade Republic nie pobiera opłat za utrzymanie konta ani za brak aktywności, jednak istnieje opłata za przewalutowanie, wynosząca na przykład 0,35% dla transakcji w dolarach.

W ofercie znajdują się głównie akcje, fundusze ETF, obligacje oraz kryptowaluty, natomiast brakuje opcji inwestowania w fundusze inwestycyjne, forex czy opcje.

Funkcje aplikacji koncentrują się na podstawowych narzędziach inwestycyjnych. Trade Republic oferuje prosty interfejs użytkownika, ale brakuje zaawansowanych funkcji, takich jak zaawansowane wykresy czy narzędzia analityczne. Aplikacja jest dostępna na platformy iOS i Android oraz posiada wersję desktopową.

Bezpieczeństwo użytkowników jest zapewnione dzięki licencji bankowej oraz regulacji przez niemieckiego nadzorcę BaFin, co gwarantuje przestrzeganie surowych standardów ochrony klientów i danych.

Opinie użytkowników są głównie pozytywne, a aplikacja uzyskała średnią ocenę 4,1 na App Store i Google Play.

4.4. Trading 212

Trading 212, założona w Wielkiej Brytanii w 2004 roku, to firma fintech, która zyskała dużą popularność dzięki łatwości obsługi i bogatej funkcjonalności swojej aplikacji inwestycyjnej. Działa na rynku z dwoma głównymi produktami: Trading 212 Invest, oferującym transakcje bez prowizji na akcjach i funduszach ETF, oraz Trading 212 CFD, gdzie inwestorzy mogą korzystać z dźwigni finansowej klientów i danych.

Konto Trading 212 Invest nie pobiera prowizji ani opłat depozytowych za transakcje, ale istnieją minimalne wymagane wartości transakcji. Natomiast konto Trading 212 CFD obciążone jest spreadem i opłatami za utrzymanie pozycji nocnych. Obie formy konta umożliwiają handel w wielu walutach, a opłata za wymianę walut wynosi 0,15% lub 0,50% w zależności od typu konta (Trading212, 2024).

Aplikacja oferuje dostęp do ponad 11 tysięcy różnych instrumentów finansowych w tym akcji, funduszy ETF, forex, kryptowalut oraz kontraktów CFD. Brak jednak możliwości inwestowania w obligacje.

Trading 212 wyróżnia się unikalnymi funkcjami do zarządzania portfelem inwestycyjnym za pomocą diagramów, które umożliwiają automatyczne inwestowanie i dywersyfikację portfela. Aplikacja zapewnia również analizy techniczne i fundamentalne, interaktywne wykresy oraz możliwość konfiguracji alertów cenowych.

Jest w pełni regulowana przez brytyjską FCA oraz CySEC, co gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa danych i środków klientów. Aplikacja oferuje również zaawansowane funkcje bezpieczeństwa, takie jak dwustopniowe logowanie.

Trading 212 cieszy się wysokimi ocenami użytkowników na App Store (4,6 z 351 tysięcy recenzji) i Google Play (4,7 z 159 tysięcy recenzji), co potwierdza jej popularność i wysoką satysfakcję klientów.

4.5. eToro

eToro, założone w Izraelu w 2006 roku, jest wiodącą platformą fintech specjalizującą się w social tradingu, czyli handlu społecznościowym, który umożliwia inwestorom kopiowanie strategii inwestycyjnych innych użytkowników. Platforma cieszy się popularnością w 140 krajach, obsługując 25 milionów użytkowników.

eToro nie pobiera prowizji za handel akcjami i funduszami ETF, ale nalicza opłatę wynoszącą 1% za transakcje kryptowalut. Głównym źródłem przychodów są spready, które są różne w zależności od instrumentu. Oprócz nich mogą występować dodatkowe opłaty za utrzymanie pozycji nocnych oraz za przewalutowanie. Nie ma opłat za otwarcie i prowadzenie konta, jednak po dwunastu miesiącach nieaktywności naliczana jest opłata w wysokości 10 USD (eToro, 2024). Minimalny wymagany depozyt do otwarcia konta zależy od kraju, w którym mieszka inwestor, i wynosi od 50 do 10 tysięcy USD.

eToro oferuje duży wybór instrumentów finansowych, w tym ponad 3000 akcji z 17 giełd, 420 funduszy ETF, 74 kryptowaluty, surowce, forex (52 pary walutowe) oraz indeksy. Fundusze ETF dostępne na eToro są zarejestrowane w UE, a dla funduszy spoza UE oferowane są kontrakty CFD. eToro wyróżnia się funkcjami social tradingu, takimi jak CopyTrader, umożliwiającym kopiowanie portfeli innych użytkowników, oraz Smart Portfolios, które wykorzystują zaawansowane algorytmy uczenia maszynowego do zarządzania portfelami. Platforma oferuje również ProCharts do analizy technicznej, a także możliwość ustawiania alertów cenowych.

eToro jest regulowane przez FCA, ASIC oraz CySEC, co gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa. Zapewnia zaawansowane środki bezpieczeństwa dla aplikacji mobilnej, w tym bezpieczne logowanie dwuetapowe.

eToro otrzymuje średnią ocenę 3,9 na platformie App Store i Google Play przy negatywnych opiniach dotyczących wsparcia technicznego.

4.6. Tiger Brokers

Tiger Brokers, założony w 2014 roku, jest renomowanym brokerem inwestycyjnym z siedzibami w Chinach, Hongkongu, Singapurze, Australii i Stanach Zjednoczonych. Firma dynamicznie się rozwija i na koniec 2023 roku obsługiwała 2,2 miliona posiadaczy kont, przeprowadzając transakcje o łącznej wartości przekraczającej 294 miliardy USD.

Tiger Brokers różnicuje opłaty w zależności od kraju rezydencji inwestora. Pobierane są prowizje za transakcje i opłaty platformowe, ale brak jest opłat za przechowywanie aktywów, brak aktywności na koncie, a także za depozyty i wypłaty (Tiger Brokers, 2024).

Tiger Brokers oferuje szeroki dostęp do rynków finansowych, w tym akcji, funduszy ETF, opcji giełdowych, amerykańskich obligacji oraz kontraktów terminowych. Platforma umożliwia także inwestowanie poprzez Tiger Vault, konto oszczędnościowe z oprocentowaniem oraz konto marżowe z możliwością korzystania z dźwigni finansowej. Platforma oferuje zaawansowane narzędzia i funkcje: Tiger Prestige dla inwestorów w Singapurze, zapewniające wsparcie inwestycyjne i dostęp do seminariów, oraz Tiger Open Platform, umożliwiające integrację z aplikacjami inwestycyjnymi innych dostawców. Aplikacja mobilna i desktopowa zawiera podstawowe narzędzia do analizy technicznej, auto-inwestowania oraz personalizacji interfejsu.

Tiger Brokers jest regulowany przez wiodące instytucje finansowe – MAS, SEC, ASIC, SFC i FSPR, co zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa i zgodność z przepisami. Platforma stosuje zaawansowane technologie ochrony danych, w tym dwuetapową weryfikację i szyfrowanie danych.

Aplikacja Tiger Brokers otrzymuje wysokie oceny na App Store (4,7) i Google Play (4,4).

4.7. SBI Securities

SBI Securities, założony przez State Bank of India w 2006 roku, jest wiodącą platformą inwestycyjną w Indiach. Umożliwia ona obrót wieloma instrumentami finansowymi na dwóch głównych giełdach papierów wartościowych w Mumbaju: Bombay Stock Exchange (BSE) oraz National Stock Exchange (NSE).

Klienci SBI Securities muszą liczyć się z różnymi opłatami i prowizjami. Prowizja za transakcje akcjami wynosi 0,50%, a za kontrakty terminowe na akcje – 0,03% wartości transakcji. Dodatkowo, istnieje opłata w wysokości 850 INR za otwarcie konta, ale brak jest opłat za jego prowadzenie (SBI Securities, 2024). Platforma ofe-

ruje dostęp do akcji, kontraktów terminowych na akcje, funduszy ETF oraz walut. Inne instrumenty, obligacje czy złoto, są dostępne jedynie na stronie internetowej SBI Securities, a nie w aplikacji mobilnej. Aplikacja oferuje zaawansowane funkcje np. Portfolio 360 stopni, które umożliwiają spersonalizowane zarządzanie portfelem inwestycyjnym. Użytkownicy mają dostęp do narzędzi do analizy technicznej, takich jak 70 różnych typów wykresów, aktualności rynkowych oraz możliwość optymalizacji portfela dzięki funkcji koszyka inwestora.

SBI Securities jest regulowany przez Securities & Exchange Board of India (SEBI), co zapewnia, że transakcje są prowadzone zgodnie z rygorystycznymi standardami. Platforma stosuje także zaawansowane metody ochrony danych: uwierzytelnienie dwuetapowe oraz segregacja funduszy klientów od funduszy operacyjnych. Aplikacja ma niewiele ocen na App Store i brak ocen na Google Play, co może być spowodowane ograniczeniami geograficznymi.

4.8. Saxo Bank

Saxo Bank, założony w 1992 roku w Danii, oferuje szeroki zakres usług dla inwestorów indywidualnych i biznesowych w 84 jurysdykcjach. Aktualnie obsługuje 1,2 miliona klientów, zarządzając aktywami o wartości 95 miliardów EUR. Oferuje trzy aplikacje: SaxoInvestor, SaxoTraderGo oraz zaawansowaną SaxoTraderPro.

Saxo Bank nalicza opłaty w zależności od typu konta oraz wartości transakcji. Oprócz prowizji za transakcje istnieją opłaty za przechowywanie aktywów, zarządzanie kontem oraz brak aktywności, która wynosi 100 USD (Saxo Bank, 2024). Platforma oferuje dostęp do 71 tysięcy inwestycji na 70 giełdach, w tym akcji, funduszy ETF, walut forex, obligacji, opcji, kontraktów terminowych, CFD i kryptowalut.

SaxoTraderGo to zaawansowane narzędzie handlowe z bogatymi opcjami analitycznymi, automatycznymi sygnałami transakcyjnymi, interaktywnymi wykresami i spersonalizowanymi alertami. Aplikacja jest dostępna na iOS, Androida, przeglądarki i desktopy, oferując intuicyjny interfejs. Saxo Bank jest regulowany przez kilka renomowanych organów nadzoru finansowego (FSA, FCA, Szwajcarska Federalna Komisja Bankowa) i oferuje bezpieczne dwuetapowe logowanie i biometryczne uwierzytelnianie.

Aplikacja SaxoTraderGo zdobyła wysokie oceny: 4,7 na App Store i 4,2 na Google Play.

5. Wnioski z przeprowadzonego badania i podsumowanie

W analizie porównawczej przeanalizowano różne aplikacje inwestycyjne, oceniając ich funkcjonalność, koszty oraz dostępność narzędzi i wsparcia na podstawie 16 kryteriów. Wyniki zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Tabela podsumowująca analizę porównawczą aplikacji

	USA	Polska	Niemcy	Wielka Brytania	Izrael	Chiny	Indie	Dania
Aplikacja	Schwab Mobile	XTB	Trade Republic	Trading 212	eToro	Tiger Brokers	SBI Securities	Saxo Bank
Kryterium oceny								
Brak prowizji za transakcje	0,25	0,25	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Brak opłat za utrzymanie konta	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,25
Brak dodatkowych opłat	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25
Akcje	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,25	0,25	1,0
Fundusze ETF	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,25	0,5	1,0
Obligacje i fundusze obligacyjne	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Inne produkty	0,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Narzędzia do zarządzania portfelem	1,0	1,0	0,25	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Analiza techniczna	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Alerty i powiadomienia	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
Platformy	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Interfejs użytkownika	1,0	0,75	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Obsługa klienta	1,0	1,0	0,25	0,75	0,75	1,0	1,0	1,0
Regulacje i licencje	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ochrona danych	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Oceny w sklepach z aplikacjami	0,75	0,5	0,5	0,75	0,25	0,5	0,5	0,75
Suma	13,25	12,75	11,75	14,00	12,50	9,75	9,50	13,25

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Trading 212 zostało wyróżnione jako lider z najwyższym wynikiem, oferując wszechstronną funkcjonalność oraz brak opłat za utrzymanie konta. Schwab Mobile oraz Saxo Bank również uzyskały wysokie oceny, charakteryzując się szeroką gamą produktów i zaawansowanymi narzędziami, mimo wyższych kosztów trans-

akcyjnych. XTB i eToro zostały docenione za solidne narzędzia edukacyjne i brak opłat za utrzymanie konta, pomimo nieco wyższych kosztów transakcji. Z kolei Trade Republic i Tiger Brokers oferują atrakcyjne koszty, ale są ograniczone w zakresie dostępnych produktów i ocen w sklepach aplikacji. SBI Securities, mimo solidnych narzędzi i obsługi klienta, posiada ograniczony wybór produktów inwestycyjnych.

6. Zakończenie

Przeprowadzone badanie pozwoliło na szczegółową analizę i porównanie funkcjonalności ośmiu popularnych aplikacji mobilnych wykorzystywanych przez inwestorów indywidualnych. Wyniki analizy wskazują, że chociaż wszystkie badane aplikacje oferują podstawowe funkcje związane z inwestowaniem, to różnią się one pod względem zaawansowania narzędzi analitycznych, intuicyjności interfejsu oraz struktury opłat.

Ograniczenia badania obejmują m.in. ograniczoną liczbę analizowanych aplikacji oraz skupienie się na aplikacjach dostępnych jedynie w określonych regionach geograficznych. Z tego względu dalsze badania powinny objąć szerszy zakres aplikacji, uwzględniając różnorodność regionalnych rynków oraz rozwijające się technologie, takie jak sztuczna inteligencja w inwestowaniu.

Przeprowadzone badanie ma istotne implikacje zarówno dla nauki, jak i praktyki. Dla deweloperów aplikacji mobilnych wyniki badania mogą stanowić wskazówkę do dalszego rozwoju funkcjonalności, które lepiej odpowiadają potrzebom użytkowników. Natomiast z perspektywy naukowej, badanie przyczynia się do szerszego zrozumienia roli technologii mobilnych w inwestowaniu oraz stanowi punkt wyjścia do dalszych badań w tym obszarze.

Literatura

- Chmielarz, W. i Szumski, O. (2018). Ocena aplikacji instalowanych wybranych platform dystrybutorów gier komputerowych. *Informatyka Ekonomiczna*, 3(49), s. 12.
- Curry, D. (2024). *Stock Trading & Investing App Revenue and Usage Statistics*. *Business of Apps*. Pobrano 25 maja 2024 z <https://www.businessofapps.com/data/stock-trading-app-market/>
- Daniluk, M. (2015). Inwestorzy na rynku kapitałowym. *Rocznik Naukowy Wydziału Zarządzania w Cieschanowie*, 1-4(IX), 19-37.
- eToro. (2024). *Opłaty i prowizje*. eToro.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://www.etoro.com/pl/trading/fees/>
- Graham, B. (1972). *Inteligentny inwestor*. Wydawnictwo Studio Emka, 32-43.
- International Monetary Fund [IMF]. (2024). *Coordinated Portfolio Investment Survey (CPIS)*. Pobrano 11 marca 2024 z <https://data.imf.org/?sk=B981B4E3-4E58-467E-9B90-9DE0C3367363&sid=1481577897618>
- Lencses, G. (2024). *Best Stock Trading Apps in Europe for 2024*. *Brokerchooser.com*. Pobrano 22 maja 2024 z <https://brokerchooser.com/best-brokers/best-stock-trading-apps-for-europeans>

- Nasil, A. (2024). *Best Brokers for Beginners in 2024*. Brookerchooser.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://brokerchooser.com/best-brokers/best-brokers-for-beginners>
- Saxo Bank. (2024). *Prowizje, opłaty i oprocentowanie depozytów*. Home.saxo. Pobrano 4 września 2024 z <https://www.home.saxo/pl-pl/rates-and-conditions/commissions-charges-and-margin-schedule>
- SBI Securities. (2024). *India's Trusted Investments*. Sbisecurities.com. pobrano 4 września 2024 z <https://www.sbisecurities.in/about-us>
- Schwab. (2024). *Commission-free Trading Online. Same Award-Winning Experience*. Schwab.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://www.schwab.com/pricing>
- Schwab Press Room. (2024). *Monthly Activity Highlights. Schwab Reports*. Pobrano 22 maja 2024 z <https://pressroom.aboutschwab.com/press-releases/press-release/2024/Schwab-Reports-Monthly-Activity-Highlights/default.aspx>
- Stowarzyszenie Inwestorów Indywidualnych [SII]. (2023). Kim jest polski inwestor indywidualny i co ma w portfelu [OBI 2023]. *Ogólnopolskie Badanie Inwestorów*. Pobrano 22 maja 2024 z <https://www.sii.org.pl/16878/aktualnosci/badania-i-rankingi/kim-jest-polski-inwestor-indywidualny-i-co-ma-w-portfelu-obi-2023.html>
- Tiger Brokers. (2024). *Pounce on Tiger Trade. Now Offering Competitive Pricing*. Itiger.com. Pobrano 4 września 2024 z https://www.itiger.com/sg/commissions/fees?_sasdk=dMTkxYmRiZWViNjUyMDY5LTBhYTY2MmU3YjMwNjQtMTk1MjU2MzctMTI5NjAwMCOxOTFhZGJZWl2NjI4MWM
- Trade Republic. (2024). *Pricing Scheme*. Traderepublic.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://traderepublic.com/en-de/?openModal=pricing-scheme#save-now>
- Trading212. (2024). *Warunki i opłaty*. Trading212.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://www.trading212.com/pl/terms/invest>
- World Economic Forum [WEF]. (2022). *The Future of Capital Markets: Democratization of Retail Investing. Insight Report*. Pobrano 22 maja 2024 z https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Capital_Markets_2022.pdf
- XTB. (2024a). *Warunki i opłaty. Tak przejrzyste, jak to tylko możliwe*. Xtb.com. Pobrano 4 września 2024 z <https://www.xtb.com/pl/konto-i-oplaty>
- XTB. (2024b). *Wyniki XTB za I kwartał 2024 roku. Raport XTB*. Pobrano 22 maja 2024 z <https://ir.xtb.com/wyniki-xtb-za-i-kwartal-2024-roku/>

Comparison of Functionality and Attractiveness of Selected Investment Applications for Individual Investors

Abstract: The thesis focuses on analysing modern mobile applications as key tools supporting individual stock market investments. Its aim is to evaluate the functionality and role of these applications in stimulating investment activity. The study conducts a comparative analysis of eight selected investment apps in terms of their utility and impact on investors' decisions. Research methods include literature review, data sources analysis, and user behaviour observation. The main conclusions highlight the increasing importance of mobile investment platforms as significant factors shaping the dynamics of the financial market.

Keywords: investing, mobile applications, investment apps, investment platforms, investor profile