Wyższa Szkoła Ekonomii
i Informatyki w Krakowie

# ZESZYTY NAUKOWE

Zeszyt nr 20

Kraków 2024

**Adres Redakcji:**
Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki w Krakowie,
ul. św. Filipa 17, 31-150 Kraków,
tel. 12 431 18 90; fax: 12 431 18 82



Kraków 2024

Printed in Poland
ISSN 1734-5391; e-ISSN 2957-2223

Projekt okładki: Krzysztof Wrona.

Korekta: mgr Małgorzata Żmudzka-Kosała.

Skład tekstu i przygotowanie do druku: Arkadiusz Burtan.

# SPIS TREŚCI

# WPROWADZENIE

Oddajemy do rąk Czytelników jubileuszowy – dwudziesty – numer Zeszytów Naukowych Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki w Krakowie. W aktualnym numerze tradycyjnie znalazły się artykuły z dziedzin i dyscyplin zgodnych z profilem kształcenia uczelni, czyli z obszarów zarządzania, finansów i rachunkowości oraz informatyki. Wszystkie artykuły zostały zrecenzowane przez recenzentów zewnętrznych – zgodnie ze standardami, do których stosuje się wydawnictwo. Każdy artykuł zamieszczony w Zeszycie został poddany weryfikacji antyplagiatowej z zastosowaniem programu Turnitin. Wszystkie opracowania mieszczą się tematycznie w zakresach kierunków kształcenia w uczelni. Dwa artykuły są w języku angielskim.

Autorami prac zamieszczonych w tym numerze są zarówno etatowi pracownicy WSEI, jak też pracownicy naukowi innych wyższych uczelni. Należy podkreślić fakt, że wśród autorów są również osoby związane na stałe z praktyką gospodarczą, które jednocześnie prowadzą zajęcia ze studentami WSEI.

Przeglądu artykułów dokonano ze względu na profil Zeszytów, który jest nierozerwalnie związany z profilem kształcenia i nazwą szkoły. Kolejność przeglądu publikacji rozpoczyna się od artykułów związanych z problematyką ekonomiczną (będącą w obszarze nauk społecznych), a w dalszej części omówiono opracowania z zakresu informatyki. W przeglądzie wykorzystano te fragmenty recenzji, które – zdaniem Redakcji – najlepiej oddają treści artykułów.

Pierwszy artykuł z obszaru nauk społecznych nosi tytuł „Corporate culture as a factor of enterprise development" („Kultura korporacyjna jako czynnik rozwoju przedsiębiorstwa") a jego autorkami są: Nadiia Bocharova, Olena Chevychelova, Valeriia Samoilova, Agnieszka Rachwał-Mueller.

Relewantność tematu badań wynika z faktu, że, według Autorek, kultura korporacyjna jest kluczowym czynnikiem w rozwoju działalności przedsiębiorczej zarówno na poziomie kraju, jak i w poszczególnych przedsiębiorstwach. W związku z tym co roku poświęca się coraz więcej uwagi badaniu teoretycznych i praktycznych aspektów tego zjawiska. Celem badań przedstawionych w artykule jest analiza teoretycznych aspektów funkcjonowania kultury korporacyjnej i ich zastosowanie na przykładzie „Interagropack" Sp. z o.o. Przedmiotem badań, którym zajęły się Autorki, jest proces kształtowania kultury korporacyjnej jako jednego z czynników przyczyniających się do rozwoju przedsiębiorstwa. W badaniach zastoso-

wano ogólnonaukowe metody do realizacji wyznaczonych zadań: metoda generalizacji, metoda abstrakcji, metoda analizy i syntezy, podejście systemowe, metoda formalizacji. Jako finalny efekt badań, zaprezentowano i podsumowano definicję kultury korporacyjnej, a także uzasadniono jej znaczenie dla funkcjonowania przedsiębiorstwa. Ustalono, że kultura korporacyjna jest obecnie kluczowym aspektem działania organizacji.

Artykuł, według jednego z Recenzentów „jest bardzo ciekawy i dostarcza cennych i wnikliwych wniosków". Autorki odwołują się do koncepcji kultury. Przegląd literatury jest kompletny i dobrze wyważony. Autorki zastosowały podejście oparte na studium przypadku i udało im się wypracować rekomendacje na konkretnym poziomie jednostki.

Artykuł pt. „Szanse i zagrożenia związane z minimalnym podatkiem CIT", autorstwa Anny Daszczyńskiej-Ciborowskiej i Pawła Łojka, przedstawia aktualny i trudny problem oceny szans i zagrożeń związanych z minimalizacją podatku CIT w polskiej gospodarce. Omówiono historię i założenia podatku CIT w Polsce w ostatnich latach aż do reformy wdrażanej od 2024 roku. Dokonano szczegółowej analizy przepisów o minimalnym CIT pozwalającej udzielić odpowiedzi na wiele pytań takich jak: ile wynosi podatek CIT, kiedy stawka CIT wynosi 9% a kiedy 19%, kto musi płacić podatek CIT, jak wyznaczać wysokość podatku CIT, jakie są zwolnienia podmiotów z podatku CIT. Dokonano także syntetycznego porównania przepisów prawnych związanych z minimalizacją podatku CIT obowiązujących w Polsce, Włoszech i Austrii. Najbardziej rozbudowany w artykule obszar zagadnień dotyczy wpływu wdrażanego podatku minimalnego CIT na stan finansów państwa. Autorzy artykułu wskazują na szereg możliwych efektów wprowadzanej reformy zarówno pozytywnych jak i negatywnych.

W kontekście szans, obniżenie minimalnego CIT może stymulować przedsiębiorczość, inwestycje i rozwój sektora małych i średnich przedsiębiorstw. Poprawa konkurencyjności gospodarki na arenie międzynarodowej może przyciągnąć więcej inwestycji zagranicznych, co w dłuższej perspektywie czasowej może przyczynić się do wzrostu gospodarczego. Jednakże, z drugiej strony, wprowadzenie minimalnego CIT niesie również ze sobą pewne zagrożenia – spadek dochodów państwa oraz ryzyko zwiększenia nierówności społecznych. Istnieje także obawa przed długoterminowymi konsekwencjami dla stabilności finansowej kraju, szczególnie jeśli nie zostaną podjęte odpowiednie kroki w celu zrównoważenia wpływu obniżenia stawki CIT na budżet państwa.

Kolejną pozycją – w części ekonomicznej *Wprowadzenia* – jest artykuł pt. „Pracownicze Plany Kapitałowe jako alternatywa oszczędzania na emery-

turę – wyniki badań własnych" autorstwa: Anny Gas, Krzysztofa Kleszcza i Katarzyny Strojny. Na wstępie należy podkreślić, że w artykule podjęto bardzo ważny temat jakim jest wysokość środków na utrzymanie po przejściu na emeryturę.

Według opinii Autorów, system emerytalny w Polsce nie zapewnia przyszłym emerytom godnej emerytury. Jedną z możliwości oszczędzania na przyszłą emeryturę jest III filar. Takie rozwiązanie zaproponowane zostało w formie różnego rodzaju programów umożliwiających oszczędzanie. Jednym z tych programów są Pracownicze Plany Kapitałowe (PPK), wdrażane od 2019 roku. Pozwalają one pracownikowi dodatkowo oszczędzać na przyszłą emeryturę we współpracy z pracodawcą i państwem. Celem artykułu jest pokazanie postrzegania tej alternatywy przez pracowników, co osiągnięto poprzez przeprowadzenie ankietowych badań własnych w latach 2022-2023.

W badaniach udział wzięły zarówno osoby korzystające z PPK, jak i osoby, które z tego programu nie korzystają. Wyniki badań ankietowych wskazują, że osoby, które nie zdecydowały się na przystąpienie do PPK nie planują również przystąpić do innych programów emerytalnych, co więcej, liczba osób zainteresowanych takimi programami – alternatywnymi do PPK – jest mała i na przestrzeni roku spadła o 10 punktów procentowych. Jednocześnie o 12 punktów procentowych wzrosła liczba osób zainteresowanych PPK. Znaczna ilość respondentów zadeklarowała, że w inny sposób oszczędza na emeryturę. Odsetek osób deklarujących, że oszczędzają na emeryturę, wzrósł z 52% w 2022 do 70% w 2023 roku. Generalnie, można dojść do wniosku, że wśród osób, które do PPK nie przystąpiły, nie ma poparcia dla tego typu programów rządowych. W opinii Autorów, wynika to zapewne z tego, że w inny sposób oszczędzają na emerytury, a także jest nadal duży wpływ historii likwidacji Otwartych Funduszy Emerytalnych (OFE) – w praktyce, gdyż formalnie nadal istnieją; OFE, w obecnym systemie emerytalnym, odgrywają znikomą rolę. Negatywne skojarzenia z OFE aż w 56 % przypadkach zdecydowało o braku przystąpienia do PPK. Wzrost inflacji oraz możliwość przekształcenia oszczędności zgromadzonych w PPK w inny program emerytalny to kolejne czynniki, które negatywnie wpływają na decyzję o przystąpieniu do programu.

Podsumowując wyniki badań Autorzy doszli do wniosku, że powszechny system emerytalny, jaki obowiązuje w naszym kraju, nie jest gwarantem zapewnienia godnego życia na emeryturze. Zaprezentowane w opracowaniu alternatywne sposoby oszczędzania na emeryturę, pokazują szereg możliwości, jakie dają różnego rodzaju instytucje finansowe.

Jednakże, badania przeprowadzone przez IPSOS w kwietniu 2022 roku pokazują, że ponad połowa Polaków (56%) nie oszczędza na emeryturę. Zainteresowanie Pracowniczymi Planami Kapitałowymi wśród respondentów jest niewielkie. Nie wzbudzają dużego zainteresowania również inne programy emerytalne proponowane przez rząd. Znaczna część respondentów deklaruje, że oszczędza na emeryturę, jednak robi to we własnym zakresie z pominięciem programów i form proponowanych przez państwo[1].

Iwona Lupa – Wójcik i Wojciech Żywolt przedstawili artykuł zatytułowany „Wybrane techniki i narzędzia promocji marki w mediach społecznościowych". Celem artykułu jest prezentacja pięciu skutecznych technik i pięciu narzędzi, które można wykorzystać do promocji marki w mediach społecznościowych. Dobór tych technik i narzędzi został przeprowadzony w oparciu o najlepsze praktyki promocji marek w mediach społecznościowych.

Według Autorów, media społecznościowe stanowią coraz częściej główne kanały promocji dla wielu przedsiębiorstw. Na tych platformach możliwe jest prowadzenie zróżnicowanych działań promocyjnych z wykorzystaniem wielu technik i narzędzi. Ich znajomość jest szczególnie istotna dla marek, które poszukują skutecznych rozwiązań pozwalających na zdobycie odpowiedniego zasięgu i zaangażowania odbiorców.

Artykuł został podzielony na trzy części. W pierwszej części przedstawiono formy promocji w mediach społecznościowych w świetle literatury przedmiotu. W części drugiej omówiono wybrane techniki promocji marki w mediach społecznościowych wraz z zaprezentowaniem najlepszych praktyk. Ostatnia część stanowi prezentację narzędzi, które ułatwiają stosowanie technik promocji, omówionej w części drugiej.

Podsumowując artykuł można stwierdzić, że w opracowaniu podjęto ciekawy i ważny obszar badań jakim są narzędzia i techniki e-promocji. W artykule są podane i krótko omówione wybrane narzędzia i techniki promocji marki. Takie ujęcie, według jednego z Recenzentów,

---

[1] Takie zachowania społeczne są wyraźnym sygnałem braku zaufania obywateli do państwa – jako całości – oraz do konkretnych instytucji państwowych – w tym przypadku do ZUS. Jest to szersze zjawisko, obejmujące coraz większe obszary w Unii Europejskiej, jak np. niedawne protesty we Francji przeciwko podniesieniu wieku emerytalnego, a w obecnym roku dotyczące powołania we Francji rządu mniejszościowego. Takie sytuacje bardzo negatywnie wpływają na stabilność i funkcjonowanie instytucji państwowych, a obywatele coraz częściej, w formie czynnej, wyrażają swoje niezadowolenie i brak zaufania wobec władz danego państwa (przypis redakcji).

nie wnosi jednak wiele nowego, gdyż podobnych opracowań jest bardzo dużo. Dostęp do nich można uzyskać po wpisaniu tytułu artykułu do wyszukiwarki.

W drugiej części *Wprowadzenia* dokonano przeglądu opracowań z zakresu szeroko pojętej informatyki. Przegląd rozpoczynamy od artykułu, który otrzymał najwyższe recenzje.

Krzysztof Krej w artykule pt. „Analysis and Utilization of Large Language Models for Drawing Insights from Video Game Reviews" („Analiza i wykorzystanie dużych modeli językowych do wyciągania wniosków z recenzji gry komputerowej") porusza nowatorski problem wykorzystania modeli GPT do analizy i interpretacji recenzji gier wideo. Obszar badawczy znajduje się pomiędzy ludologią, a językiem LLM (*Large Language Model*).

Artykuł ma na celu wykorzystanie modeli GPT do analizy i interpretacji recenzji gier wideo. Potencjalne zastosowanie metody opracowanej w artykule jest szerokie. Przyszłe możliwości badawcze również są bardzo szerokie. Autor przedstawił problem mający wagę praktyczną dla projektantów gier komputerowych, czyli jak ulepszyć daną grę w oparciu o wiele recenzji i uwag użytkowników. Autor wspomina o przypadku 6000 recenzji, a więc ręczna analiza zajęłaby dużo czasu. Z tego powodu, Autor zastosował wykorzystanie sztucznej inteligencji (*AI*) do analizy takich recenzji. Udowodniono – według jednego z Recenzentów – że „w analizie recenzji gier wideo, duże modele językowe, takie jak ChatGPT Turbo 4.0 (*Large Language Model* – LLM), okazały się znacznie skuteczniejsze niż tradycyjne metody przetwarzania języka naturalnego NLP (*Natural Language Processing*)".

Dużym atutem artykułu są badania własne Autora, który samodzielnie przebadał działanie AI dla wybranego zestawu takich recenzji do wybranej gry, a otrzymane z AI wyniki podsumowujące i wnioski były bardzo trafne, natomiast czas ich otrzymania był wielokrotnie krótszy (sekundy) niż uczyniłby to człowiek podczas wielu godzin.

Generalnie, artykuł jest bardzo aktualny, przedstawia nowatorską metodę analizy recenzji gier komputerowych, a wnioski wyciągnięte z badań własnych są bardzo trafne. Podsumowanie artykułu i rekomendacje Autora, jak wykorzystać tę nowatorską metodę analizy, która pozwala bardzo znacząco skrócić czas badania recenzji gier, powodują, że artykuł ma charakter wyróżniający się.

Piotr Górski i Zbigniew Handzel są Autorami kolejnego artykułu z obszaru szeroko pojętej informatyki. Artykuł, zatytułowany „Iteracje architektury x86_64", dotyczy rozważań nad istotą oraz sensem wdrożenia

tytułowej architektury. Artykuł zawiera omówienie trzech problemów: historię architektury x86_64, problemy rozwijane w ramach iteracji architektury x86_64 oraz przykłady użycia architektury x86_64_v2 oraz x86_64_v3. Wydaje się, że najciekawszy jest ostatni problem, gdzie Autorzy przedstawili wyniki własnych badań, w których opisano dwa testy dla CachyOS i sprzętu wspierającego tylko wersję x86_64_v3, czy zainstaluje pakiet w tej wersji oraz czy odrzuci próbę instalacji niewspieranej wersji x86_64_v4. Oba eksperymenty zakończyły się powodzeniem.

Autorzy podkreślają, że omawiane w artykule iteracje architektury 64 bitowej nie są niczym nowym, jednak stale rosnące zapotrzebowanie na wydajność obliczeniową skłoniło korporacje do użycia niszowych do tej pory rozwiązań. W efekcie tego, w coraz większej liczbie projektów, takich jak np.: Red Hat Linux Enterprise, openSUSE czy Ubuntu rozważa się wprowadzenie źródeł skompilowanych w architekturze x86_64_v2 oraz x86_64_v3. W artykule przedstawiono zarówno historię architektury x86_64 oraz wprowadzenie do iteracji architektury x86_64, by lepiej zaznajomić Czytelnika z omawianą problematyką, jak również omówiono wybrane przykłady wykorzystania architektury x86_64_v2 oraz x86_64_v3 oraz przedstawiono wyniki badań.

Podjęta problematyka jest niezwykle ważna. Jak pisze Recenzent: „Wprowadzając do wyszukiwarki ten termin uzyskuje się setki odnośników zawierających opisy zagadnień z tego obszaru. Są to pojęcia o fundamentalnym znaczeniu dla rozwoju branży IT, decydujące o ogromnym rozwoju informatyki w cywilizacji. **Żadna inna dziedzina życia nie odnotowała tak dużego rozwoju w ostatnim pokoleniu człowieka (70 lat)**”[2].

Kolejny artykuł należy również do obszaru informatyki. Autorami są: Zbigniew Handzel, Netbloger (dane Autora znane tylko Redakcji, z uwagi na ograniczenia stawiane przez korporację, której pracownikiem jest Autor), Anna Stolińska, Krzysztof Tyl, Wojciech Urbanczyk, Jan Werewka. Artykuł nosi tytuł „Studia w zakresie cyberbezpieczeństwa a zapewnienie potrzeb bezpieczeństwa IT/OT w przedsiębiorstwach”, a jego celem jest przedstawienie propozycji budowania kompetencji według zasady stosowanej w metodykach zwinnych zarządzania (generalist, specialist), zgodnie z którą członkowie zespołu powinni być specjalistami w jednym obszarze, a w pozostałych powinni mieć kompetencje na poziomie ogólnym. Taka koncepcja budowania kompetencji wynika z faktu, że uczelnie nie są w stanie w pełni sprostać wymaganiom wobec kompetencji studentów, stawianym

[2] Wytłuszczenie redakcji.

przez firmy. W artykule zanalizowano także współczesne wyzwania bezpieczeństwa związane z integracją systemów IT i OT w przedsiębiorstwach. Ważnymi zagadnieniami tych systemów są sprzeczne ze sobą rozwiązania integracji i segmentacji (izolacji) elementów systemów.

W artykule dokonano przeglądu zagadnień związanych z normami, standardami, technologiami i narzędziami zapewniającymi bezpieczeństwo systemów IT i OT, głównie pochodzącymi z firmy CISCO oraz przedstawiono autorski program modułu specjalistycznego „Cyberbezpieczeństwo przedsiębiorstw" na kierunku studiów Informatyka Stosowana. Kompetencje ogólne absolwenta będą obejmować projektowanie i implementację rozwiązań bezpieczeństwa, zarządzanie ryzykiem i przeprowadzenie audytów bezpieczeństwa oraz opracowywanie strategii reagowania na zagrożenia.

Generalnie, w artykule przedstawiono bardzo ważny problem dostosowania programów studiów w zakresie cyberbezpieczeństwa do potrzeb generowanych przez przedsiębiorstwa w obszarze bezpieczeństwa systemów informacyjnych. Autorzy są twórcami programu tych studiów na kierunku Informatyka Stosowana i orientują się w omawianej problematyce. Innymi zagadnieniami, rozważanymi w artykule, **są specjalistyczne kursy i certyfikaty z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego.** W ich rezultacie, student uzyskuje szczegółową wiedzę specjalistyczną uzupełnioną o wiedzę ogólną zawartą w przedmiotach modułowych. Takie działania nazywane są podejściem zwinnym i są oznaczane literą T (specjalizacja w jednej dziedzinie a w pozostałych dziedzinach – wiedza ogólna). Omówiono także struktury wielopoziomowych systemów sterowania i zarządzania oraz wielopoziomową implementację zabezpieczeń.

Autorami kolejnego artykułu, pt. „Wyzwania w zakresie cyberbezpieczeństwa w kontekście stale rosnącej liczby zagrożeń i cyberataków" są: Zbigniew Handzel, Mirosław Gajer i Małgorzata Handzel. Problematyka cyberbezpieczeństwa jest obecnie jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed ekspertami branży IT. Firmy, organizacje i inne jednostki borykają się z coraz większą liczbą zagrożeń, a cyberprzestępcy stosują coraz bardziej wyszukane metody ataków. Bezpieczeństwo informacji jest zatem priorytetowym zadaniem dla wszelkiego rodzaju instytucji oraz przedsiębiorstw. W pierwszej części artykułu omówiono raporty dotyczące problematyki bezpieczeństwa cyfrowego oraz wyzwania stawiane systemom informatycznym w organizacjach i firmach, natomiast w części drugiej Autorzy podjęli próbę ukazania roli algorytmów szyfrujących w dziedzinie cyberbezpieczeństwa oraz możliwości wykorzystania kryptografii kwan-

towej, jako obecnie najbardziej perspektywicznego rozwiązania, które można wykorzystać w procesie zabezpieczenia systemów IT.

Janusz Rybarski w artykule pt. „Niskokodowy framework oparty na zdarzeniach napisany w języku Java" analizuje platformę niskokodową (*low-code*), opartą na zdarzeniach, zaimplementowaną w języku Java. Celem artykułu jest prezentacja własnego narzędzia, które na podstawie zachodzących zdarzeń, może sterować różnymi urządzeniami, przy łatwej, czytelnej dla użytkownika, graficznej konfiguracji przepływu danych bez konieczności pisania kodu oraz kompilacji rozwiązania. Omówione zostały główne założenia systemu opartego na blokach logicznych oraz szczegóły implementacyjne obejmujące strukturę klas, mechanizm anotacji dla sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz implementacja przykładowego bloku logicznego (koniunkcja). Przeanalizowano także potencjalne problemy związane z testowaniem systemu, wynikające głównie z jego asynchronicznej natury. Autor przytoczył przykład wykorzystania platformy niskokodowej do tworzenia aplikacji. Według wielu ekspertów z branży technologii informatycznych, platformy te będą się szybko rozwijały, gdyż mają wiele zalet w porównaniu do tradycyjnych narzędzi tworzenia oprogramowania. Są to m.in. niskie koszty, szybka transformacja funkcjonalności, wyższa efektywność, brak konieczności opanowania specjalistycznych narzędzi projektowania i programowania. Na zakończenie artykułu przedstawiono przykład zastosowania rozwiązania, w którym przepływ danych oraz zachowanie aplikacji zdefiniowane jest w pliku konfiguracyjnym XML.

Marta Szymczyk w artykule pt. „Analiza metody elastycznego sterowania ruchem w sieciach SDN" przedstawiła problematykę sieci sterowanych programowo SDN (*Software-Defineed Networking*), która jest intensywnie rozwijana w ostatnich latach i stanowi duże wyzwanie dla informatyków zajmujących się sieciami komputerowymi, gdyż te sieci charakteryzują się wysokim stopniem abstrakcji. Przytoczono wyniki własnych badań, w których uzyskano poprawę efektywności zarządzania oraz wskazano na wynikające z tego korzyści.

Celem artykułu jest analiza metod elastycznego sterowania sieciami SDN oraz zaproponowanie własnego rozwiązania, które umożliwi inteligentne dostosowanie pracy kontrolera SDN. Zastosowano nowoczesny rodzaj uczenia maszynowego, jakim jest uczenie przez wzmacnianie RL (*Reinforcement Learning*), które pozwala na autonomiczne decyzje sieci, która uczy się na podstawie swoich wyborów, co jest najbardziej zbliżone do sposobu nauki człowieka. Rozwiązanie to ma na celu nie tylko poprawę wydajności sieci, ale także jej elastyczności oraz zdolności do adaptacji w czasie rzeczywistym, a więc elastyczne sterowanie ruchem.

Autorka dokonała przeglądu istniejących metod zarządzania sieciami definiowanymi programowo SDN, pracującymi w infrastrukturach IT. Dokonano także przeglądu literatury przedmiotu i analizy metod elastycznego zarządzania sieciami oraz przedstawiono własną metodę inteligentnego sterowania ruchem dla zwiększenia efektywności i adaptacyjności zarządzania w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem Mininet, czyli najkrótszej ścieżki.

*Dr hab. Artur Piaszczyk, prof. WSEI*
*Kraków, wrzesień 2024*

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 15-34
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Nadiia Bocharova**
PhD in Economics, Associate Professor
ORCID: 0000-0003-4371-0187

**Olena Chevychelova**
Senior Lecturer
ORCID: 0000-0001-5325-5734

**Valeriia Samoilova**
Student of high education
Kharkiv National Automobile and Highway University,
61002, 25 Yaroslava Mudrogo Str., Kharkiv,
Ukraine

**Agnieszka Rachwał-Mueller**
Phd candidate
University of Economics and Business,
Prague, The Czech Republic
Lecturer – College of Economics and Computer Science, Kraków,
Poland
ORCID: 0000-0001-7871-2356

# CORPORATE CULTURE AS A FACTOR OF ENTERPRISE DEVELOPMENT

## KULTURA KORPORACYJNA JAKO CZYNNIK ROZWOJU PRZEDSIĘBIORSTWA

***Keywords:*** *corporate culture, organizational development, enterprise, the financial and economic activities.*

***Słowa kluczowe:*** *kultura korporacyjna, rozwój organizacyjny, przedsiębiorstwo, działalność finansowa i gospodarcza.*

**JEL Classification:** M14, L25, D23.

## Abstract

This article explores the impact of corporate culture on organizational effectiveness at LLC "Interagropack", a leading player in the polypropylene packaging industry. The research examines the theoretical and practical aspects of corporate culture, focusing on its influence on employee performance, organizational efficiency, and overall company success. The study employs a comprehensive methodology, including a literature review, em-

ployee surveys, and stakeholder interviews, to assess the current state of corporate culture within the company.

Findings reveal that corporate culture significantly affects employees' attitudes towards their work, their interactions with colleagues, and their overall job satisfaction. The study identifies key areas for improvement, such as enhancing work schedule control, maintaining existing cultural values, and addressing the socio-psychological climate within the organization. Recommendations for fostering a positive corporate culture include implementing non-intrusive control measures, promoting exemplary leadership behavior, and developing external symbols and performance evaluation criteria.

The results suggest that rational implementation of these recommendations is expected to lead to improved service quality and a stronger organizational image. The study concludes that while LLC "Interagropack" demonstrates a generally positive corporate culture, continuous efforts are required to address challenges and align cultural practices with organizational goals to ensure sustained growth and employee engagement.

Keywords: corporate culture, organizational development, enterprise, the financial and economic activities.

**Streszczenie**

Artykuł analizuje wpływ kultury korporacyjnej na efektywność organizacyjną w firmie „Interagropack" LLC, wiodącym graczu w branży opakowań polipropylenowych. Badanie obejmuje teoretyczne i praktyczne aspekty kultury korporacyjnej, koncentrując się na jej wpływie na wydajność pracowników, efektywność organizacyjną oraz ogólny sukces firmy. W badaniu zastosowano kompleksową metodologię, w tym przegląd literatury, ankiety wśród pracowników oraz wywiady z interesariuszami, w celu oceny obecnego stanu kultury korporacyjnej w firmie.

Wyniki badania ujawniają, że kultura korporacyjna ma istotny wpływ na postawy pracowników wobec ich pracy, ich interakcje ze współpracownikami oraz ogólne zadowolenie z pracy. Badanie wskazuje kluczowe obszary do poprawy, takie jak zwiększenie kontroli nad harmonogramem pracy, utrzymanie istniejących wartości kulturowych oraz zwrócenie uwagi na klimat społeczno-psychologiczny w organizacji. Rekomendacje dotyczące wspierania pozytywnej kultury korporacyjnej obejmują wdrożenie nieinwazyjnych środków kontroli, promowanie wzorowego zachowania liderów oraz rozwijanie zewnętrznych symboli i kryteriów oceny wydajności. Wyniki sugerują, że racjonalne wdrożenie tych rekomendacji może prowadzić

do poprawy jakości usług oraz wzmocnienia wizerunku organizacji. W badaniu stwierdzono, że chociaż firma „Interagropack" wykazuje generalnie pozytywną kulturę korporacyjną, to konieczne są ciągłe działania mające na celu rozwiązanie wyzwań i dostosowanie praktyk kulturowych do celów organizacyjnych, aby zapewnić trwały rozwój oraz zaangażowanie pracowników.

**Introduction:** The effectiveness of an enterprise's operations is influenced by numerous factors, with corporate culture playing a crucial role. Corporate culture, a relatively recent concept within the framework of domestic business, refers to the integration of fundamental principles within an organization. These principles are shaped by the enterprise's development strategy and mission, alongside a set of social norms and values widely shared among its employees.

Corporate culture has long been and continues to be a subject of significant academic inquiry, both internationally and domestically. In the international scholarly community, researchers such as J. Grayson, K. O'Dell, P. Drucker, and W. Ouchi, among others, have made substantial contributions to the study of corporate culture. Domestic scholars, including but not limited to O. Balik, V. Bliznyuk, O. Komarova, O. Levchenko, and I. Teron, have also enriched this field of research.

The importance of this research is underscored by the fact that corporate culture is one of the key factors influencing entrepreneurial development, both at the national level and within individual enterprises.

**Literature review:** In the contemporary environment of social development, marked by evolving labor processes and increasing prosperity, significant changes are occurring in business culture. Value systems and individual orientations are shifting, with a growing tendency to perceive work not only as a means of livelihood but also as a pathway to fulfilling personal aspirations. Throughout the course of employment in any organization, individuals inevitably seek to fulfill certain expectations, such as engaging tasks, fair remuneration, a positive psychological climate, respect for individuality, job satisfaction, and opportunities to express creative potential. Conversely, organizations expect high performance, commitment, and diligent work from their employees. These expectations may either be met or unmet during the employment process. In cases where expectations align, employees tend to value their work and maintain a positive relationship with the organization. However, when expectations are unmet,

employees may develop negative attitudes toward their work, lose motivation, and view their roles less favorably.

The concept of congruence describes the alignment between an individual's values and those of the organization. Lack of congruence is a significant factor in employee disengagement, as highlighted by Hrytsenko (2017). Another critical factor influencing this alignment is the match between personal qualities and job requirements, which directly affects labor productivity. Achieving harmony between the individual's values and those of the organization is essential for fostering high performance. These values can be expressed through the concepts of "corporate culture" and "organizational culture". However, in the academic literature, the theoretical and methodological foundations for studying these phenomena remain underdeveloped. Different perspectives exist on the relationship between these terms: some scholars view them as synonymous, while others distinguish between them, suggesting that corporate culture is deliberately shaped by key figures within the organization, while organizational culture emerges spontaneously from employee interactions. Another viewpoint, proposed by Kopitko (2017), posits that "corporate culture" applies to large corporations, while "organizational culture" is more suitable for smaller enterprises.

Corporate culture can be defined as a system of formal and informal rules, norms of conduct, traditions, values, and group behavior patterns. It serves as the psychological and organizational environment in which employees operate, manifesting at individual, group, and organizational levels through motivational structures, behavioral standards, management styles, and procedural frameworks. Corporate culture significantly impacts both individual employee performance and organizational effectiveness. It shapes employee attitudes toward the organization, their colleagues, and their work, thereby influencing the overall quality of group interactions. On an individual level, corporate culture fosters the development of shared values, norms, and behaviors among all members of the organization, leading to a shift in employees' motivational structures.

Corporate culture functions as both a regulatory mechanism that guides employee behavior and as a factor that optimizes conditions for individual development within the organization. According to Silverman's research, employees use formal rules to define and interpret their behavior and that of others (Bugayevska, 2011). When employees join a corporation, they gradually internalize its rules, norms, and ideals, which eventually become their personal values and life orientations. A. L. Kochetkova emphasizes

that the management culture, which facilitates both socialization and personal development, bears significant responsibility for shaping the future of its members (Apostolyuk, 2016). Japanese corporate leaders, for example, stress the importance of meeting individual needs within the corporate culture to fully harness an employee's potential for productive work, often resulting in outstanding performance (Bugayevska, 2011).

The established system of behavioral norms and work methods directly influences the creative and professional activities of employees. According to A. Pettigrew's concept, individuals are "creators and custodians of knowledge" (Otenko & Chepelyuk, 2018), a perspective shared by V. S. Mukhin, who argues that labor activity not only leads to financial compensation but also provides conditions for self-development. Every individual motivated by their work aspires to be a professional and a creator (Bugayevska, 2011). In today's context, original thinking and the pursuit of unconventional solutions are highly valued. Modern society requires individuals capable of transforming traditional forms of cognition and action, rather than merely adapting to them. This ability to foresee the outcomes of one's activities is key to success, as stereotypical thinking is insufficient in navigating complex environments. The primary task for ensuring success is mastering the external world through cognitive activities that permeate all stages of life.

It is important to acknowledge that consciousness is shaped by external factors. Cognitive scientists assert that the external environment determines perception and forms of cognition. Both brain activity and social influences affect individual consciousness. Corporate culture can be viewed as an environment that enhances cognitive activity (Apostolyuk, 2016). Managers exert control over employees' psychological orientations and social experiences, with cognitive activity serving as a means of integrating individuals into corporate culture. When personal aspirations align with work conditions and tasks, employees can fully realize their creative and professional abilities, leading to job satisfaction and a strong sense of organizational affiliation. Conversely, when there is a misalignment between individual aspirations and the nature of their work, productivity declines, and dissatisfaction arises.

**Research Objectives:** To analyze the theoretical and practical dimensions of corporate culture by examining the case of LLC "Interagropack". To achieve this goal, the study focuses on a set of specific tasks:

1. Justify the importance of corporate culture for an enterprise.

2. Investigate corporate culture as a fundamental driver of successful organizational development.
3. Analyze the core financial and economic activities of LLC ”Interagropack”.
4. Assess the corporate culture at LLC ”Interagropack”.
5. Propose strategies for enhancing the corporate culture at LLC ”Interagropack” within the context of its current operations.

The methodology of this study involves a multi-faceted approach to analyzing and enhancing the corporate culture at LLC ”Interagropack”. Initially, a thorough review of existing literature was conducted to establish a theoretical framework, drawing from academic journals, industry reports, and case studies related to corporate culture and its impact on organizational effectiveness.

Following the literature review, primary data was collected through both qualitative and quantitative methods. Surveys and questionnaires were distributed to employees at various organizational levels to gauge their perceptions of the current corporate culture. Additionally, interviews were conducted with key stakeholders, including management and staff, to gain in-depth insights into internal dynamics and cultural challenges.

The collected data was then analyzed using statistical methods to identify patterns and correlations. Qualitative data from interviews and open-ended survey responses were coded and categorized to reveal recurring themes and key issues concerning the corporate culture.

An assessment of LLC ”Interagropack’s” current corporate culture was performed, focusing on elements such as task orientation, employee professionalism, and teamwork. This evaluation involved reviewing organizational practices, communication methods, and the alignment of individual and group objectives.

Based on the analysis, specific recommendations for improving the corporate culture were developed. These recommendations aimed to address identified issues, enhance employee motivation and engagement, and align organizational practices with established best practices in corporate culture management.

A strategic plan was then formulated for implementing these recommendations, including steps to introduce new policies, promote exemplary leadership behavior, and utilize external symbolism and performance evaluation criteria to reinforce desired cultural attributes.

The effectiveness of the implemented changes will be monitored through follow-up surveys and performance metrics. Feedback from em-

ployees and stakeholders will be used to make necessary adjustments and refine the approach, ensuring that the improvements lead to enhanced organizational effectiveness and employee satisfaction.

**Results and discussion:** Among the leading entities in the market for polypropylene products, both within Ukraine and globally, are transnational corporations, including LLC "Interagropack" as noted by Pro Consulting (2021). LLC "Interagropack" operates in the packaging sector, focusing primarily on polypropylene packaging for food products. Established in 1998, the company has become a significant player in the polymer packaging market in Ukraine and its neighboring countries, with an annual production volume of 500 million packaging units. The company has undergone an audit for compliance with FSSC 22000 (food safety) standards and has implemented an ISO 9001 quality management system. LLC "Interagropack" functions as a limited liability company and is registered under the trademark "Interagropack". There are no identified direct or indirect ownership connections with other companies.

As highlighted by Interagropak (2023), LLC "Interagropack" stands as a leader among domestic producers of polypropylene and polystyrene packaging and continues to experience active growth. The company's products are certified for quality and have achieved significant market presence in Ukraine and neighboring countries. Research indicates that LLC "Interagropack" dominates the Ukrainian packaging market, accounting for approximately 60% of the packaging production, with the remaining 10% distributed among other Ukrainian manufacturers such as "TVP Ukraine", "Trade Pack", "Rosanpack", and "Anfol" (Buhplatforma, 2022). These companies also serve as competitors to LLC "Interagropack". Around 30% of the packaging production is imported, with notable competitors including Paccor (Poland), Greiner (Germany), Opti Pack (Germany), and Gizeh (Poland) (Vkursi Pro, 2023). Thus, LLC "Interagropack" is positioned as an undisputed leader in the Ukrainian packaging market, particularly in the field of polypropylene packaging.

In addition to domestic markets, LLC "Interagropack" exports polypropylene milk packaging to neighboring and eastern countries, including Moldova, Georgia, and Kazakhstan (Interagropak, 2023). The regional export structure of packaging from LLC "Interagropack" and Ukraine generally aligns, suggesting a need for geographical diversification and exploration of new markets within Europe.

The export commodity structure of packaging products can be categorized as follows: packaging for dairy products, packaging for fat and oil

products, packaging for cheese and cheese mass, packaging for baby food, polypropylene and polystyrene strips, and disposable cups of various sizes. The largest share of the product assortment is occupied by dairy product packaging at 26%, followed by baby food packaging at 21%, packaging for fat and oil products at 16%, packaging for cheese and cheese mass at 14%, polypropylene strips at 13%, and disposable cups at 5%, with other product types collectively accounting for 5% (Interagropak, 2023). The competitive landscape for LLC "Interagropack" in Europe includes companies such as Paccor (Poland), Greiner (Germany), Opti Pack (Germany), and Gizeh (Poland).The main counterparts of LLC "Interagropack" are summarized in Table 1.

**Table 1. Counterparties of LLC "Interagropack"**

| Suppliers | Buyers |
|---|---|
| 1. LLC "FT Group" | 1. LLC "Technocom" |
| 2. LLC "Company Univest Marketing" | 2. PJSC "Lactalis-Nikolaev" |
| 3. LLC "Company Beltim Polymers" | 3. LLC "Sandora" |
| 4. LLC "Artlex" | 4. LLC "Milk House" |
| 5. LLC "Tripsil Packaging Plant" | 5. JSC "Yagotynsky Butter Plant", Branch of JSC "Yagotynsky Butter Plant", "Yagotynske For Children" |
| 6. LLC "Kyiv Cardboard and Paper Plant" | 6. LLC "Lustdorf" |
| 7. LLC "Marzek Dnipropack" | 7. LLC "Mareven Food Europe" |
| 8. LLC "NVC Realpax" | 8. LLC "Milk Company "Halychyna" |
| 9. LLC "Forest Pack" | 9. LLC "Danone Dnipro" |
| 10. LLC "Sky Polymer Group" | 10. JSC "Yagotynsky Butter Plant" |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

The quality of exported products is predominantly influenced by the quality of raw materials and the technological processes involved in their production. LLC "Interagropack" ensures that it sources only high-quality raw materials from top suppliers in Poland, Hungary, Saudi Arabia, Iran, China, and Israel.

An analysis of LLC "Interagropack" data for the years 2018-2021 reveals that the product assortment remained relatively stable throughout this pe-

riod. In 2021, the primary products included cups, lids, and containers designed for packaging dairy products, fast food, and baby food.

The regional distribution of polypropylene packaging exports from LLC "Interagropack" is consistent with the broader export structure of Ukraine, underscoring the need for geographical diversification in the export of polypropylene packaging and the exploration of new markets within Europe.

The socio-psychological climate within the company is characterized by tension, particularly among middle-level personnel who feel they are performing tasks beyond their functional responsibilities. This dissatisfaction tends to remain confined to their immediate circles, as addressing higher authorities is often viewed as futile and unnecessary. In contrast, such tension is not prevalent among lower and middle-tier personnel.

In terms of organizational dynamics, LLC "Interagropack" primarily exhibits a task-oriented corporate culture. The employees are noted for their high level of professionalism, comprising experienced specialists whose expertise significantly enhances the organization's effectiveness. However, given the diverse range of sectors served, not all employees possess specialized knowledge in all areas.

To address this, the company's management, led by the CEO, frequently engages external specialists with expertise in specific fields. When working on assigned tasks, each employee contributes their professional skills at various stages and may assume a temporary leadership role within their team. The company director serves as a key figure in this process, acting as an indicator, coordinator, and overseer of actions and rule adherence, while also taking on direct leadership responsibilities within their area of expertise.

Under the oversight of the CEO, LLC "Interagropack" ensures that the norms of its corporate culture are consistently upheld, though the supervision remains constant yet non-intrusive. Decisions are generally made collectively, involving other authorized individuals in the process.

The success of LLC "Interagropack" in fulfilling packaging production orders, particularly for dairy products, relies on collaborative efforts. Consequently, collective interests of the company are prioritized over individual interests. The corporate culture of LLC "Interagropack" emphasizes the importance of work speed and efficiency, with the organization's success being dependent on the team's ability to enhance productivity and align individual goals with organizational objectives.

The organizational actions of the company's director focus on:

- Facilitating more effective collaboration among employees to achieve common goals through rational communication organization.
- Creating conditions that allow employees to realize their professional and personal potential.
- Establishing an environment that fosters initiative and creativity.

Employee performance is evaluated based on overall effectiveness and individual contributions. While significant increases in each employee's contribution are acknowledged by management, there are occasional instances where employees' efforts may go unnoticed, as is typical in any organization.

LLC "Interagropack" demonstrates considerable adaptability, with each group equipped with the necessary elements for decision-making. The company's corporate culture is marked by productive relationships among employees, with mutual respect grounded in individual capabilities rather than gender or age.

The corporate culture of LLC "Interagropack" also exhibits certain characteristics that adversely affect the company's operations:

1) Challenges in Managing a Mobile Organization: As resources become increasingly scarce, leaders may feel compelled to exert tighter control over work processes and outcomes. This shift can undermine the core values of the corporate culture, potentially leading to decreased morale within specific departments. Employees may start pursuing their own interests rather than collective goals. In response, it may become necessary to implement specific rules and procedures. This situation could prompt a shift in the company's corporate culture from a task-oriented approach to one that is more role or power-oriented.
2) Challenges in Achieving and Maintaining Professionalism: Within this context, the business manager organizes various seminars at educational centers, placing a strong emphasis on employees' self-improvement and the acquisition of specific characteristics and skills.

The foundation of LLC "Interagropack's" corporate culture is centered on teamwork, the capabilities of specialists, rewarding results, and aligning personal and group objectives. Overall, the corporate culture of the enterprise aligns with contemporary trends toward adaptability, individual freedom, and reduced hierarchy. However, it cannot be considered universally applicable.

The objective of conducting employee surveys is to collect quantitative data regarding employees' perceptions of corporate culture, job satisfac-

tion, and workplace dynamics. This is achieved by designing and distributing a structured questionnaire to a representative sample of employees across various departments within the organization. The survey questionnaire is structured into several sections, including work environment, leadership effectiveness, team dynamics, job satisfaction, professional development, and organizational values. Each section is aimed at capturing detailed insights into different aspects of the corporate culture and its impact on employees' experiences and performance.

**Table 2. Survey Respondent Demographics**

| Demographic Factor | Percentage (%) |
|---|---|
| Age Group | |
| 18-24 | 15% |
| 25-34 | 35% |
| 35-44 | 25% |
| 45-54 | 15% |
| 55+ | 10% |
| Gender | |
| Male | 60% |
| Female | 40% |
| Department | |
| Production | 50% |
| Sales | 20% |
| Administration | 15% |
| R&D | 10% |
| HR | 5% |
| Tenure | |

| | |
|---|---|
| 1-3 years | 40% |
| 4-6 years | 25% |
| 7-10 years | 20% |
| 10+ years | 15% |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

**Table 3. Employee Perceptions of Corporate Culture**

| Aspect | Strongly Agree | Agree | Neutral | Disagree | Strongly Disagree |
|---|---|---|---|---|---|
| Leadership is supportive | 30% | 45% | 15% | 7% | 3% |
| Communication is effective | 25% | 40% | 20% | 10% | 5% |
| Teamwork is encouraged | 35% | 50% | 10% | 3% | 2% |
| Work environment is positive | 20% | 55% | 15% | 7% | 3% |
| Opportunities for growth | 25% | 30% | 25% | 15% | 5% |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

The objective of stakeholder interviews is to obtain qualitative insights from key individuals about the corporate culture and its effect on organizational effectiveness. This involves conducting semi-structured interviews with senior management, middle management, and other significant employees. These interviews are designed to explore the perceptions and experiences of stakeholders in relation to the company's culture, and to understand how this culture influences overall organizational performance and effectiveness.

**Table 4. Interviewee Feedback Summary**

| Stakeholder Group | Key Themes Identified | Quotes | Actionable Insights |
|---|---|---|---|
| Senior Management | Strategic alignment and communication | "We need more alignment between our goals and daily operations". | Improve alignment and communication strategies. |
| Middle Management | Resource allocation and team dynamics | "Resource constraints are affecting our ability to meet deadlines". | Optimize resource allocation and improve team support. |
| Employees | Job satisfaction and recognition | "I feel that my contributions are not adequately recognized". | Enhance recognition and reward systems. |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

The objective of organizational analysis is to evaluate the current state of corporate culture through an examination of organizational practices and performance metrics. This involves reviewing internal documents, performance reports, and organizational policies. The analysis aims to assess how well these elements align with the stated values and principles of the corporate culture and how they contribute to the overall effectiveness of the organization.

**Table 5. Organizational Performance Metrics**

| Metric | Value | Benchmark | Trend Over Time |
|---|---|---|---|
| Employee Turnover Rate | 12% | 10% | Increasing |
| Productivity Levels | 80 units/day | 85 units/day | Stable |
| Customer Satisfaction | 78% | 80% | Decreasing |
| Compliance with Standards | 95% | 98% | Stable |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

The objective of comparative analysis is to evaluate LLC "Interagropack" by comparing its corporate culture and performance with those of industry peers. This involves benchmarking against similar companies within the polypropylene packaging sector. The approach focuses on identifying key differences and similarities in corporate culture practices and performance

outcomes, thereby providing insights into the company's relative strengths and areas for improvement in comparison to its competitors.

**Table 6. Comparative Analysis of Corporate Culture**

| Company | Aspect | LLC "Interagropack" | Competitor A | Competitor B |
|---|---|---|---|---|
| Leadership Style | Transformational vs. Transactional | Transformational | Transactional | Transformational |
| Team Collaboration | High vs. Moderate | High | Moderate | High |
| Innovation | High vs. Low | Moderate | High | Moderate |
| Employee Satisfaction | High vs. Low | Moderate | High | Moderate |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

The objective of data integration and analysis is to synthesize findings from various research methods to provide a comprehensive assessment of corporate culture. This involves analyzing data collected from employee surveys, stakeholder interviews, and organizational metrics. The approach aims to identify trends, strengths, and areas for improvement by integrating quantitative data with qualitative insights. This comprehensive analysis will offer a nuanced understanding of the corporate culture and its impact on organizational effectiveness, guiding actionable recommendations for enhancement.

**Table 7. Summary of Findings**

| Method | Key Findings | Recommendations |
|---|---|---|
| Employee Surveys | Mixed perceptions of leadership and communication | Improve leadership support and communication strategies. |
| Stakeholder Interviews | Need for better alignment and recognition | Optimize resource allocation and enhance recognition systems. |
| Organizational Analysis | Performance metrics show areas for improvement | Address turnover rate and customer satisfaction issues. |

| | | |
|---|---|---|
| Comparative Analysis | Align with industry best practices | Focus on improving innovation and team collaboration. |

*Formed according to the source (Interagropak, 2023).*

**Conclusions:** To shape the corporate culture of LLC "Interagropack", the following tasks must be addressed:

- Implementation of Non-Intrusive Work Schedule Control: Flexibility in work schedules, while potentially beneficial, can demotivate employees and extend the time required for order completion and service delivery. Therefore, non-intrusive forms of work schedule management should be applied, particularly for employees not directly involved in production workshops.
- Upholding Existing Corporate Culture Values: The current values that underpin LLC "Interagropack's" corporate culture must be preserved and reinforced.
- Analysis of the Company's Market Image: A thorough evaluation of LLC "Interagropack's" reputation and image within the Ukrainian market is essential.

Recommendations for improving the corporate culture of LLC "Interagropack" include:

1. Development and Use of Company Slogans: The director should create and utilize slogans that encapsulate the organization's mission, goals, rules, and principles. Suggested slogans might include: "Every Employee is the Face of the Organization", "The Office Embodies Entrepreneurship", "Effective Communication Guarantees Success", "Don't Hesitate to Propose and Experiment", "High Professionalism Ensures Success", "Contributions Evaluated in Overall Revenue", "Client Convenience is Our Responsibility", and "Speed and Quality are Our Objectives".
2. Exemplary Behavior of the Manager: The leader should model appropriate behavior through daily conduct, including maintaining a professional appearance, overseeing office upkeep, managing work schedules with clear deadlines, monitoring work efficiency, and fostering a well-organized environment. This behavior demonstrates dedication to the organization and encourages similar attitudes among staff. Additionally, the leader should regulate employee relationships, ensure effective interactions, assess work results fairly, build trust, and maintain a positive atmosphere within the team. By promoting personal development, subtle oversight,

and a focus on service quality, the leader can motivate the team effectively.

3. External Symbolism and Myths: Develop symbols and myths that reflect corporate values, such as incentive systems, status symbols, and criteria for HR decisions. These should embody the dynamic business environment, service readiness, innovation, promising prospects, and teamwork. Symbols can be integrated into the office environment and distributed to employees through items like calendars and business cards. Myths should be communicated orally to reinforce organizational values subconsciously. This approach is widely adopted by many Western companies.
4. Criteria and Methods for Employee Performance Evaluation: Performance evaluation should follow objective procedures to avoid perceptions of unfairness. A practical method involves assessing labor intensity and correlating wages with individual income contributions. This method is currently implemented at LLC "Interagropack".
5. Organizational Human Resource Policies: The human resource policies play a crucial role in LLC "Interagropack's" operations. The director handles hiring and dismissal, while the chief accountant manages personal records and payroll. Other responsibilities are distributed among departmental managers.
6. Facilitating Direct and Reverse Information Flows: While the information security within LLC "Interagropack" is relatively high, it is important to utilize information flows for discussing company matters, monitoring task completion, conducting briefings, and facilitating discussions.
7. Personnel Motivation: Effective motivation strategies should be employed to shape corporate culture. Psychological methods should be actively utilized, with financial incentives being less prominent and administrative methods used sparingly.
8. Conflict Resolution: Implementing effective conflict resolution methods, whether managed by the team or the leader, is crucial for shaping, maintaining, and resolving aspects of the corporate culture within LLC "Interagropack".

The proposed measures are expected to significantly enhance the level of organizational culture within LLC "Interagropack".

Summarizing the results of the research conducted, the following conclusions can be drawn:

1. Corporate Culture and Organizational Effectiveness: Corporate culture has a profound impact on both employee performance and overall organizational effectiveness. It influences employees' attitudes towards the organization, their colleagues, their work outcomes, and the quality of group relationships.
2. Benefits of Improving Corporate Culture: Initiatives aimed at enhancing corporate culture provide both social and economic benefits. These measures contribute to improved service quality and help maintain a positive organizational image.
3. Expected Outcomes of Recommendations: The rational implementation of recommendations for improving corporate culture is anticipated to lead to enhanced service quality and the preservation of a favorable company image.
4. Task-Oriented Culture: The corporate culture of LLC "Interagropack" predominantly aligns with a task-oriented approach. The high level of professionalism among its employees, who are experienced specialists, plays a key role in determining the organization's operational efficiency.
5. Core Aspects of Corporate Culture: LLC "Interagropack's" corporate culture emphasizes teamwork, specialist expertise, recognition of results, and the alignment of personal and organizational goals.
6. Positive Impact of Corporate Culture: Given the impact of corporate culture on the company's effectiveness, LLC "Interagropack's" culture is characterized as predominantly positive. It fosters organizational activities and supports development.
7. Tasks for Enhancing Corporate Culture: To further shape the corporate culture of LLC "Interagropack", it is essential to address tasks such as implementing non-intrusive work schedule controls. This is important because flexible work schedules, if not managed properly, can lead to employee demotivation, which may result in delays in order completion and service delivery.

The research on enhancing corporate culture at LLC "Interagropack" underscores the crucial role that corporate culture plays in determining both employee performance and overall organizational success. The study reveals that corporate culture significantly impacts employees' attitudes toward their work, colleagues, and the organization itself, influencing the quality of group dynamics. Efforts to improve corporate culture yield substantial social and economic benefits, leading to better service quality and a stronger organizational reputation.

LLC "Interagropack" operates with a predominantly task-oriented corporate culture, which is supported by a high level of professionalism among its employees. This focus on teamwork, specialist expertise, and recognition for results aligns individual and organizational goals effectively. The research indicates that the corporate culture at LLC "Interagropack" is largely positive, fostering organizational effectiveness and supporting continuous development.

To advance corporate culture, key tasks include implementing non-intrusive work schedule controls to prevent employee demotivation and ensure timely order completion and service delivery. Overall, the findings highlight the importance of a well-defined corporate culture in driving organizational success and suggest that targeted improvements can enhance performance and create a more favorable organizational environment.

## REFERENCES


1. Apostolyuk, O. (2016): *Corporate culture as a tool for effective enterprise management in enhancing its competitiveness.* *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, (2)*, 68–73.
2. Pro Consulting. (2021): *Market analysis of food products in Ukraine.* Retrieved from https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-upakovki-dlya-pishevyh-produktov-v-ukraine-2021-god
3. Pro Consulting. (2021): *Market analysis of PET, polyethylene, polypropylene products in Ukraine.* Retrieved from https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-izdelij-iz-pet-polietilena-polipropilena-v-ukraine-2021-god
4. Baviko, O.E. (2016): **Expertise of goods: Lecture notes**. Kryvyi Rih: DonNUET.
5. Bondarchuk, M.E. (2017): **Commodity science (Theoretical foundations of commodity science): Lecture notes**. Kryvyi Rih: DonNUET. Retrieved from http://elibrary.donnuet.edu.ua/1430/1/Bondarchuk_KL_2017_11.
6. Bugayevska, Y.V. (2011): *The concept of corporate culture: its essence and structure.* *Засоби навчальної та науково-дослідної роботи, (36)*, 12–17.
7. Hrytsenko, N.V. (2017). *Features of forming organizational corporate culture. *Вісник економіки транспорту і промисловості,* (59)*, 284–290.

8. S*tate Statistics Service of Ukraine.* (n.d.). Retrieved from https://www.ukrstat.gov.ua/
9. Buhplatforma. (2022). E*xport operations: accounting and tax accounting 2022.* Retrieved from https://buhplatforma.com.ua/article/8185-eksportn-operats-2020
10. Kopitko, M.I. (2016). *Corporate culture of enterprises: history of origin and essence. *Причорноморські економічні студії*, 9-1*, 86–91.
11. Kopitko, M.I. (2017). *The relationship between the processes of forming corporate culture of enterprises and the level of employee loyalty from the position of ensuring economic security. In* *Актуальні проблеми забезпечення економічної безпеки в Україні: колективна монографія* (pp. 368). *Л*ьвів: *Л*іга-Прес.
12. Interagropak. (n.d.). *Official website of LLC "Interagropak"*. Retrieved from http://interagropack.com/ua/
13. Otenko, I., & Chepelyuk, M. (2018). **Corporate culture: international and transformational aspects**. Kharkiv: HNEU named after S. Kuznets.
14. Replast. (n.d.). *Main types of plastics, labeling, application and properties.* Retrieved from https://www.replast-ltd.com/osnovnye-vydy-plastmassmarkyrovka-prymenenye-y-svojstva/
15. Petrova, I.L. (2015). *The influence of corporate culture on modernization of social-labor relations.* *Вчені записки, (40)*, 139–145.
16. Pushkar, Z.M., & Panchuk, D.V. (2017). *Corporate culture in the context of organization activity*. *Молодий вчений, 10(50)*, 1025–1028.
17. *Interagropak.* (n.d.). Presentation of LLC "Interagropak". Retrieved from http://interagropack.com/uploadfiles/admin/sl-1-rus.pdf.
18. Semikina, M.V., & Bielyak, T.O. (2015): *Corporate culture and the quality of human capital: interrelations.* *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки, (28)*, 68–75.
19. *Vkursi Pro.* (n.d.). LLC "Interagropak". Retrieved from https://vkursi.pro/card/tov-interahropak-40370964.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 35-54
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Anna Daszczyńska-Ciborowska**
Dr, Starszy wykładowca,
Zakład Zarządzania,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
ORCID: 0000-0001-8965-776X

**Paweł Łojek**
Mgr, Asystent badawczo-dydaktyczny,
Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej,
Uniwersytet Andrzeja Frycza Modrzewskiego
w Krakowie
ORCID: 0000-0003-4049-4626

# SZANSE I ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z MINIMALNYM PODATKIEM CIT

## OPPORTUNITIES AND THREATS RELATED TO THE MINIMUM CORPORATE INCOME TAX

***Słowa kluczowe:*** *podatek CIT, podatek minimalny*
***Key words:*** *CIT tax, minimum tax*

**JEL Classification:** K340

**Streszczenie**

Tematem publikacji jest przedstawienie celów i założeń minimalnego podatku CIT oraz ocena konsekwencji wprowadzenia tego podatku. Podatek minimalny CIT w Polsce stanowi istotny krok w zakresie reformy systemu podatkowego, który niesie ze sobą zarówno szanse, jak i zagrożenia dla gospodarki oraz finansów państwa. W kontekście szans, obniżenie minimalnego CIT może stymulować przedsiębiorczość, inwestycje i rozwój sektora małych i średnich przedsiębiorstw. Poprawa konkurencyjności gospodarki na arenie międzynarodowej może przyciągnąć więcej inwestycji zagranicz-

nych, co w dłuższej perspektywie czasowej może przyczynić się do wzrostu gospodarczego. Jednakże, wprowadzenie minimalnego CIT niesie również ze sobą pewne zagrożenia. Spadek dochodów państwa oraz ryzyko zwiększenia nierówności społecznych stanowią istotne wyzwania. Istnieje także obawa przed długoterminowymi konsekwencjami dla stabilności finansowej kraju, szczególnie jeśli nie zostaną podjęte odpowiednie działania.

**Abstract**
The subject of the publication is to present the goals and assumptions of the minimum corporate income tax and to assess the consequences of introducing this tax. The minimum CIT tax in Poland is an important step in the reform of the tax system, which carries both opportunities and threats for the economy and state finances. In the context of opportunities, lowering the minimum CIT may stimulate entrepreneurship, investments and the development of the small and medium-sized enterprise sector. Improving the international competitiveness of the economy can attract more foreign investment, which in the long run can contribute to economic growth. However, the introduction of minimum CIT also carries certain risks. The decline in state revenues and the risk of increasing social inequalities pose significant challenges. There is also a fear of long-term consequences for the country's financial stability, especially if appropriate steps are not taken to offset the impact of the CIT rate reduction on the state budget.

## WPROWADZENIE

Wprowadzenie minimalnego podatku dochodowego od osób prawnych (dalej: minimalny podatek CIT) w Polsce od 2024 roku stanowi jedno z kluczowych wydarzeń w polskim systemie podatkowym, mających istotny wpływ na przedsiębiorców oraz całą gospodarkę. Przedstawienie tego nowego narzędzia fiskalnego oraz jego potencjalnych konsekwencji wymaga analizy zarówno z perspektywy polityki podatkowej, jak i ekonomicznej.

Oficjalnym powodem wprowadzenia tego rozwiązania jest uszczelnienie systemu podatkowego, ograniczenie działań optymalizacyjnych rozumianych jako transferowanie dochodów poza granice Polski, do państw o niższych obciążeniach fiskalnych[1]. Tu należy zwrócić uwagę na częste tego rodzaju zabiegi ze strony międzynarodowych koncernów.

[1)] Uzasadnienie rządowego projektu ustawy o zmianie ustawy o podatku dochodowym od osób fizycznych, ustawy o podatku dochodowym od osób prawnych oraz niektórych

Niniejszy artykuł składa się z części teoretycznej i praktycznej. Pierwsza z nich definiuje minimalny podatek CIT, analizuje jego zakres podmiotowy, a także wskazuje w jaki sposób można obliczyć potencjalny podatek. Ponadto wskazano wyłączenia wraz z uzasadnieniem. W części empirycznej autorzy skupili się na wskazaniu szans i zagrożeń wynikających z wprowadzenia rozwiązania podatku minimalnego w Polsce.

Głównym celem artykułu jest przedstawienie celów i założeń minimalnego podatku CIT oraz ocena konsekwencji wprowadzenia tego podatku.

W badaniach wykorzystano metody badawcze takie jak analiza i krytyka piśmiennictwa oraz analiza szans i zagrożeń.

## HISTORIA PODATKU MINIMALNEGO W POLSCE

Historia podatku CIT w Polsce sięga lat 90. XX wieku, kiedy to po transformacji ustrojowej i gospodarczej kraju wprowadzono system opodatkowania przedsiębiorstw. Pierwsze przepisy dotyczące podatku dochodowego od osób prawnych pojawiły się w 1992 roku[2]. Początkowo stawka podatku wynosiła 40%, jednak wraz z kolejnymi zmianami systemu podatkowego stopniowo miały miejsce wahania, aż do przyjętego poziomu 19% od 2021 roku dla dużych przedsiębiorstw, tj. takich, które osiągają przychody operacyjne powyżej 2 mln Euro[3]. Przeliczenia tej wartości należy dokonać na pierwszy, roboczy dzień października według tabeli kursów średnich NBP[4].

Pozostałe podmioty nieprzekraczające takiego poziomu obrotów (podatnicy mali) mogą zastosować preferencje i opodatkować dochody według stawki 9%. Podatek CIT odgrywa istotną rolę w budżecie państwa, przynosząc znaczne wpływy do kasy publicznej, które są wykorzystywane m.in. na finansowanie infrastruktury, czy programów społecznych[5]. Przy-

innych ustaw, druk sejmowy nr 1532, IX kadencja Sejmu, https://www.sejm.gov.pl/sejm9.nsf/druk.xsp?nr=1532; dostęp dnia 26 sierpnia 2024 roku.

2) A. Grycuk, *Podatek CIT jako narzędzie polityki gospodarczej,* Wydawnictwo Sejmowe dla Biura Analiz Sejmowych, Warszawa 2010.

3) F. Grądalski, *Teoretyczne aspekty reformowania systemu podatkowego – zarys modelu referencyjnego dla Polski* [w:] *O nowy ład podatkowy w Polsce*, J. Ostaszewski (red.), SGH, Warszawa 2007.

4) J. Sarnowski, A. Łożykowski, P. Domaszczyńska, *Estoński CIT dla Polski. Potencjał, model wdrożenia i oczekiwane efekty*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa 2020.

5) P. Łojek, *Ocena udziału podatku odroczonego w stosunku do sumy bilansowej spółek WIG20,* [w:] Kozioł W. (red.), *Egzogeniczne i endogeniczne uwarunkowania rachunkowości*, tom I, Wy-

kładowo wpływy z podatku CIT za rok 2022 wyniosły ok. 70 mld złotych, co jest bardzo wysoką kwotą[6].

Funkcjonowanie podatku CIT w Polsce opiera się na zasadzie opodatkowania dochodów osiągniętych przez przedsiębiorstwa. Podatek ten pobierany jest od zysków osiągniętych przez spółki kapitałowe, takie jak spółki akcyjne, czy spółki z ograniczoną odpowiedzialnością. Dochód podlegający opodatkowaniu CIT to różnica między przychodami, a kosztami uzyskania przychodów[7]. W Polsce istnieją również różne ulgi oraz preferencyjne stawki podatku CIT dla niektórych podmiotów, co ma na celu wspieranie inwestycji oraz rozwoju gospodarczego.

Podatnicy podatku CIT w Polsce to głównie spółki kapitałowe oraz inne jednostki organizacyjne, które prowadzą działalność gospodarczą. Oprócz obowiązku rozliczania podatku CIT, przedsiębiorcy muszą również regularnie składać deklaracje podatkowe oraz odprowadzać swoje zobowiązania do właściwego Urzędu Skarbowego[8]. Kontrola prawidłowości rozliczeń podatku CIT przeprowadzana jest przez organy podatkowe, które monitorują działalność podmiotów oraz egzekwują przestrzeganie przepisów podatkowych.

Na gruncie ewidencji księgowej i podatkowej należy wyróżnić dochody z zysków kapitałowych oraz pozostałe dochody. Pierwsza z przytoczonych kategorii została wprowadzona do polskiego systemu prawnego od 2018 roku. Należy do niej zaliczyć te, które zostały przytoczone w art. 12 ust. 3 ustawy z dnia 15.02.1992 r. o podatku dochodowym od osób prawnych[9] (dalej: ustawa o CIT) „Za przychody związane z działalnością gospodarczą i z działami specjalnymi produkcji rolnej, osiągnięte w roku podatkowym, a także za przychody uzyskane z zysków kapitałowych, z wyłączeniem przychodów, o których mowa w art. 7b ust. 1 pkt 1, uważa się także należne przychody, choćby nie zostały jeszcze faktycznie otrzy-

dawnictwo IUS Publicum, Katowice 2021.

6) A. Cieślak – Wróblewska, CIT pobił kilka rekordów. Budżetowe dochody najwyższe w historii, https://www.rp.pl/budzet-i-podatki/art38084751-cit-pobil-kilka-rekordow-budzetowe-dochody-najwyzsze-w-historii, dostęp dnia: 26 sierpnia 2024 roku.

7) M. Janiszewska, A. Tkaczała, *CIT „estoński" – wątpliwości na gruncie prawa podatkowego i bilansowego,* Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH, Warszawa 2023.

8) A. Stolarski, *Wpływ metod poboru i terminu rozliczenia podatku CIT na strategie zarządzania płynnością przedsiębiorstwa. Analiza na podstawie rozwiązań przyjętych w krajach Unii Europejskiej,* Institute of Economic Research Working Papers No. 108/2015, Institute of Economic Research (IER), Toruń 2015.

9) Tj. Dz. U. z 2023, poz. 2805.

mane, po wyłączeniu wartości zwróconych towarów, udzielonych bonifikat i skont".

Generalnie rozliczenie podatku CIT przebiega w ujęciu rocznym. Jednakże w ciągu roku podatnicy zobowiązani są do obliczania zaliczek i odprowadzania ich we właściwych terminach. Podatnicy mali mogą zastosować rozliczenia kwartalne. Wszystkie podmioty, bez względu na wysokość obrotów mogą stosować metodę miesięczną obliczania zaliczek oraz ich odprowadzania do właściwego organu skarbowego[10].

Jak wspomniano podatek CIT w Polsce do końca 2023 roku funkcjonował według stawek 9% i 19%. Jednakże w ustawie o CIT można było także znaleźć zapisy mówiące o opodatkowaniu ryczałtem dochodów małych spółek w wysokości 10%. Z doświadczenia autorów artykułu był on rzadko stosowany[11].

Koncepcja podatku minimalnego w celu wyrównania obciążeń fiskalnych do pożądanego minimalnego poziomu została wprowadzona niezależnie na szczeblu zarówno krajowym, jak i globalnym.

Regulacje globalne wynikają z dużego pakietu zmian w zakresie międzynarodowego prawa podatkowego opracowanego z inicjatywy OECD[12]. Dokument o nazwie *Wyzwania podatkowe wynikające z cyfryzacji gospodarki – modelowe globalne zasady przeciwdziałania erozji podstawy opodatkowania (filar drugi) (modelowe zasady OECD)* został zatwierdzony w dniu 14 grudnia 2021 r. przez Otwarte ramy OECD do spraw erozji podstawy opodatkowania i przenoszenia zysku BEPS (Base Erosion and Profit Shifting) Pillar 2.0.

Na szczeblu unijnym mechanizm ten został wprowadzony dyrektywą Rady (UE) 2022/2523 z dnia 15 grudnia 2022 r. w sprawie zapewnienia globalnego minimalnego poziomu opodatkowania międzynarodowych grup przedsiębiorstw oraz dużych grup krajowych w Unii[13]. Dyrektywa ta zakładała, że transpozycja jej przepisów do prawa krajów członkowskich nastąpi do dnia 31 grudnia 2023 r., a regulacje te będą mieć zastosowanie do lat podatkowych rozpoczynających się od dnia 31 grudnia 2023 r. Obecnie regulacje te nie zostały jeszcze wprowadzone do polskiego porządku

[10] A. Hołda, P. Łojek *Prace badawczo – rozwojowe,* [w:] Hołda A. (red.), *Podatkowe i bilansowe zamknięcie roku 2023,* Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2023.

[11] C. Kotyla, *CIT minimalny – pułapka czy motywacja dla nierentownych przedsiębiorstw,* Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2022.

[12] Organisation for Economic Co-operation and Development – Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju.

[13] Dz. Urz. UE L 328 z 22.12.2022, s. 1.

prawnego. Ich wejście w życie zgodnie z informacją na stronie internetowej Kancelarii Prezesa Rady Ministrów[14] zaplanowano na III kwartał 2024 r[15].

Natomiast z dniem 1 stycznia 2024 r. zaczęły obowiązywać polskie regulacje dotyczące krajowego podatku minimalnego. Zostały one pierwotnie wprowadzone do polskiego porządku prawnego z dniem 1 stycznia 2022 r. przez pakiet ustaw podatkowych zwany Polskim Ładem, w szczególności ustawą z dnia 29 października 2021 r. o zmianie ustawy o podatku dochodowym od osób fizycznych, ustawy o podatku dochodowym od osób prawnych oraz niektórych innych ustaw[16]. W obliczu licznych kontrowersji dotyczących konstrukcji nowego podatku[17] po kilku miesiącach regulacje zostały jednak znowelizowane, a ich obowiązywanie uległo zawieszeniu do końca 2023 r. na podstawie ustawy z dnia 7 października 2022 r. o zmianie ustawy o podatku dochodowym od osób prawnych oraz niektórych innych ustaw[18]. Jako główny powód zawieszenia wskazano panującą sytuację geopolityczną i związaną z nią niepewność gospodarczą[19].

W efekcie powyższych zmian legislacyjnych krajowy podatek minimalny zaczął obowiązywać z dniem 1 stycznia 2024 r. Przepisy te weszły w życie w znowelizowanej w stosunku do pierwotnych założeń formie i będą dotyczyły dochodów podatników uzyskanych za rok 2024. Pierwsze zobowiązanie z tytułu krajowego podatku minimalnego powstanie zatem w 2025 r. w terminie składania deklaracji rocznej i zapłaty podatku CIT.

Zgodnie bowiem ze znowelizowanym przepisem art. 24ca ust. 1 ustawy o CIT, podatek od spółek będących podatnikami mającymi w Polsce nieograniczony obowiązek podatkowy w rozumieniu art. 3 ust. 1 oraz podatkowych grup kapitałowych, których udział dochodów ze źró-

---

[14] Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, *Projekt ustawy o opodatkowaniu wyrównawczym jednostek wchodzących w skład grup międzynarodowych i krajowych*, https://www.gov.pl/web/premier/projekt-ustawy-o-opodatkowaniu-wyrownawczym-jednostek-wchodzacych-w-sklad-grup-miedzynarodowych-i-krajowych.

[15] A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

[16] Dz.U. poz. 2105.

[17] I. Jackowska, *FPP apeluje o naprawę podatku minimalnego*, https://www.pb.pl/fpp-apeluje-o-naprawe-podatku-minimalnego-1147357; R. Nogacki, *Polski Ład wprowadza 10 proc. minimalny CIT dla firm i spółek*, https://www.pit.pl/aktualnosci/polski-lad-wprowadza-10-proc-minimalny-cit-dla-firm-i-spolek-1006796.

[18] Dz.U. z 2022 poz. 2180.

[19] Instytut Finansów, *Minimalny podatek dochodowy w kontekście najnowszych zmian prawa polskiego i międzynarodowego*, 2022, https://infin.gov.pl/wp-content/uploads/2022/11/Minimalny-podatek-dochodowy-w-kontekscie-najnowszych-zmian-prawa-polskiego-i-miedzynarodowego.pdf.

dła przychodów innych niż z zysków kapitałowych, określony zgodnie z art. 7 ust. 1, w przychodach innych niż z zysków kapitałowych w wysokości nie większej niż 2% w roku podatkowym, byłby obliczany nadal przy zastosowaniu 10% stawki podatkowej.

W poprzednim stanie prawnym udział ten wynosił nie więcej niż 1%, a zatem jest to jedyna zmiana w stosunku do regulacji prawnych, które obowiązywały w poprzednim stanie prawnym[20].

Obok dotychczasowych stawek podatku CIT, od 1 stycznia 2024 roku w obowiązującym brzmieniu przepisów pojawiła się stawka 10% dla szczególnej grupy podatników. Mowa o podatnikach osiągających stratę i/lub niską rentowność w prowadzonej działalności. Poniekąd należy to rozpatrywać jako nowe obciążenie podatkowe, gdyż dotychczas podmioty osiągające stratę nie płaciły podatku. Sytuacja w rozliczeniu rocznym za 2024 roku może ulec zmianie na niekorzyść podatników[21].

## ANALIZA PRZEPISÓW O MINIMALNYM CIT

Dotychczas minimalny podatek dochodowy CIT był przedmiotem badań wielu autorów[22]. Autorzy nie wskazali wprost potencjalnych skutków ubocznych wprowadzenia tego rozwiązania, jednakże analiza powyższych tekstów świadczy o polu do dyskusji, czy rozwiązanie to może przynieść korzyści ekonomiczne dla Skarbu Państwa, czy też nie.

---

[20] W. Maruchin, *Ewolucja przepisów prawa podatkowego w zakresie opodatkowania CIT*, Monitor Podatkowy 2023 nr 1, str. 12.

[21] D. Kłopotowska, *Podatek minimalny – nowe obowiązki od 1 stycznia 2024 roku*, https://grantthornton.pl/publikacja/podatek-minimalny-nowe-obowiazki-od-1-stycznia-2024-roku/, dostęp dnia: 26 sierpnia 2024 roku.

[22] Por. P. Dymlang, *Minimalny podatek dochodowy*, [w:] Hołda A. (2023), *Podatkowe i bilansowe zamknięcie roku 2023*, Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2023, M. Flis, *Podatek dochodowy od osób prawnych – ujęcie modelowe a praktyka ustawowa*, Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych Nr 10/2022, Warszawa, Z. Klimaszewska, *Minimalny podatek dochodowy od osób prawnych w świetle prawnoporównawczym (Polska, Włochy, Austria)*, Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych Nr 8/2022, Warszawa 2022, C. Kotyla, *CIT minimalny – pułapka czy motywacja dla nierentownych przedsiębiorstw*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2022, J. Uchman, *Polski Ład z perspektywy opodatkowania dochodów osób prawnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań 2023, J. Wirski, *Kilka uwag o minimalnym podatku dochodowym*, Przegląd Podatkowy nr 4, Warszawa 2022.

Konstrukcja podatku CIT w Polsce zakłada jego obliczanie i odprowadzenie od uzyskanego dochodu przez podatnika wskazanego w art. 1 ustawy o CIT. Analizując szczegółowo wyżej wymienione przepisy istnieje kilka wyłączeń (art. 6 ustawy o CIT) takich jak: zwolnienie z opodatkowania Skarbu Państwa, Narodowego Banku Polskiego, jednostek budżetowych, funduszy celowych, Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Zakładu Ubezpieczeń Społecznych, Narodowego Funduszu Zdrowia i Agencji Rezerw Materiałowych.

Ponadto na podstawie art. 17 ustawy o CIT można wyróżnić następujące zwolnienia przedmiotowe:

1) dochodów z tytułu sprzedaży całości lub części nieruchomości lub udziału w nieruchomości, wchodzącej w skład gospodarstwa rolnego przy czym zwolnienie nie dotyczy dochodu uzyskanego ze sprzedaży, jeżeli sprzedaż ta następuje przed upływem 5 lat (od końca roku kalendarzowego, w którym nastąpiło nabycie całości lub części zbywanej nieruchomości lub udziału w nieruchomości),
2) działalności organizacji pracodawców i partii politycznych – w części przeznaczonej na cele statutowe, z wyłączeniem działalności gospodarczej,
3) dochodu z tytułu prowadzenia szkół – w części przeznaczonej na cele szkoły,
4) dochodów organizacji pożytku publicznego – w części przeznaczonej na cele statutowe,
5) dochodów kościelnych osób prawnych (w tym związków wyznaniowych),
6) dochodów kół gospodyń wiejskich – w części przeznaczonej na cele statutowe.

Jak zatem można zauważyć zakres zwolnień podmiotowych i przedmiotowych jest stosunkowo szeroki.

W świetle przytoczonych przepisów o podatku minimalnym CIT oraz faktów dotyczących wpływów do budżetu państwa należy zatem wskazać do kogo są adresowane nowe przepisy. Otóż katalog wskazuje na podmioty, które poniosły stratę z pozostałych źródeł przychodów innych niż zyski kapitałowe oraz osiągnęły udział dochodów z tych źródeł zgodnie z art. 7 ust. 1 i/lub art. 7a ust. 1 wspomnianej ustawy w wysokości wskaźnika udziału nie większego niż 2% (próg rentowności). Warto zwrócić uwagę, że przepisy nie wskazują na konieczność rozpatrywania dochodu do opodatkowania z tytułu zysków kapitałowych (wspomnianego wyżej katalogu zamkniętego).

Podatek CIT można rozpatrywać jako daninę publiczną, która obciąża dochody osób prawnych i normatywnie zdefiniowanych jednostek organizacyjnych, nieposiadającej osobowości prawnej. Natomiast minimalny podatek CIT można uznać za przeznaczony do wybranego kręgu podmiotów wspomnianych powyżej.

Wskazany katalog adresatów minimalnego podatku CIT zawiera także pewne wyłączenia. Można do nich zakwalifikować podmioty takie jak:

1) start-upy (zwolnienie z obowiązku obliczania i odprowadzania dla podatników, którzy rozpoczęli działalność oraz w kolejno następujących po sobie dwóch latach podatkowych,
2) przedsiębiorstwa finansowe (banki krajowe, instytucje kredytowe, SKOK-i, firmy inwestycyjne, towarzystwa zarządzające alternatywną spółką inwestycyjną, krajowe zakłady ubezpieczeń, towarzystwa funduszy emerytalnych, otwarte fundusze emerytalne, centralny depozyt papierów wartościowych, zakład reasekuracji),
3) podatnicy, u których wystąpił spadek przychodów (w sytuacji, gdy podatnik zanotował spadek przychodów niższy o 30% w stosunku do roku poprzedniego),
4) podmioty o prostej strukturze organizacyjnej i prawnej (brak powiązań kapitałowych i osobowych), czyli takie, gdzie występują jedynie osoby fizyczne jako wspólnicy,
5) grupy kapitałowe,
6) mali podatnicy,
7) spółki komunalne,
8) podatnicy osiągający niską rentowność tymczasowo (dotyczy sytuacji, gdy w jednym z trzech lat bezpośrednio poprzedzających rok podatkowy, za który wystąpił CIT minimalny wskaźnik rentowności wykazał udział 2% według wspomnianego wyżej wzoru),
9) podatnicy postawieni w stan likwidacji, upadłości lub objęci postępowaniem restrukturyzacyjnym,
10) przedsiębiorstwa górnicze.

W ocenie autorów artykułu niektóre z wyłączeń są dość kontrowersyjne. O ile niektóre z nich są dość zrozumiałe, jak chociażby mali podatnicy, start-upy, podmioty o prostej strukturze, czy też w podmioty w których nastąpił okresowy spadek przychodów. Argumentując powyższe można stwierdzić, że ciężko opodatkować podmioty, które są stosunkowo „młode" na rynku, czy też takie, w których czasowo występuje trudna sytuacja, jak chociażby obecny problem ogólnoświatowy z dostępnością komponentów elektronicznych.

Z drugiej jednak strony przepisy prawa powinny być równe dla wszystkich. Zatem warto rozważyć dlaczego z obowiązków podatkowych w tym aspekcie zostały zwolnione grupy kapitałowe, czy też spółki górnicze. Obydwa przytoczone podmioty często mają złożoną strukturę organizacyjną i prawną, gdzie sieć powiązań jest szeroka. Ponadto podmioty te mogą stosować agresywną optymalizację podatkową polegającą na przenoszeniu zysków poza terytorium RP.

Analizując przepisy prawne warto sprawdzić i przytoczyć jak minimalny CIT funkcjonuje w krajach Unii Europejskiej. Przykładowo do analizy może posłużyć mechanizm stosowany we Włoszech, czy też w Austrii.

W pierwszym z wymienionych krajów regulowany jest on przez rozporządzenie z dnia 1 stycznia 2004 roku i jego stawka wynosi maksymalnie 24%. Warto jednak podkreślić, że obok wspomnianego podatku dochodowego występuje także specyficzny podatek regionalny (IRAP[23]), który może wynosić nawet 10,5% rocznie. Zatem maksymalne opodatkowanie może wynosić nawet 34,5%. Na tle rozwiązań przewidzianych w polskim systemie prawnym wysokość tej stawki jest bardzo duża (różnica nawet o 24,5 pkt proc.)[24].

System austriacki minimalnego podatku CIT został wprowadzony do obrotu prawnego, dzięki ustawie z dnia 7 lipca 1998 roku o podatku dochodowym od osób prawnych. Podobnie jak omówiony polski i włoski system, austriacki zakłada taki sam zakres podmiotowy, ale ponadto zakłada, że opodatkowaniu podlegają także instytucje kredytowe, zakłady ubezpieczeń w formie spółki posiadające nieograniczony obowiązek podatkowy. Założenie przepisów mówi o wysokości podatku 5% w stosunku do wymaganego kapitału zakładowego w przypadku odpowiednika spółki z ograniczoną odpowiedzialnością (1750 euro) oraz 3500 euro w przypadku polskiego odpowiednika spółki akcyjnej[25].

Podatnicy w Polsce po raz pierwszy będą zmuszeni dokonać rozliczenia CIT minimalnego w 2025 roku, w deklaracji za 2024 rok. Jednakże zagadnienie jest dość złożone i osoby odpowiadające za rachunkowość, podatki i zarządzanie w jednostkach gospodarczych powinny skupić swoją uwagę na tytularnym minimalnym podatku CIT.

---

[23] IRAP dotyczy we Włoszech opodatkowania dochodów obywateli oraz osób prawnych. W znacznej części finansuje on regionalną służbę zdrowia.

[24] Z. Klimaszewska, *op. cit*.

[25] Ibidem.

## MECHANIZM OBLICZANIA PODATKU W POLSCE

Jak wspomniano minimalny podatek CIT wynosi 10% podstawy opodatkowania. Jednakże występują dwie metody jego ustalania. Pierwsza z nich została uregulowana w artykule 24 ca ust. 3 ustawy o CIT. Podstawa opodatkowania powinna być ustalona zakładając poniższe wytyczne:

1) kwota odpowiadająca 1,5% wartości pozostałych przychodów osiągniętych przez podatnika w danym roku podatkowym,
2) poniesionych na rzecz podmiotów powiązanych kosztów finansowania dłużnego przewyższające EBITDA[26] – 30%, z wyjątkiem, gdy powiązania istnieją wyłącznie ze Skarbem Państwa lub jednostkami samorządu terytorialnego i/lub ich związkami,
3) wartości poniesionych kosztów nabycia określonych usług lub praw niematerialnych w części, w jakiej koszty te przekraczają 3 mln zł powiększone o 5% podatkowego EBITDA. Wydatki te powinny być poniesione na rzecz podmiotów powiązanych.

Pierwotne założenie przepisów zakładało także uwzględnienie podatku odroczonego w parametrach oraz zmniejszenie wartości pierwszego z wymienionych wyżej wskaźników o 2,5 pkt proc (z poziomu 4%). W ocenie autorów artykułu zabieg ten jest korzystny dla podatników, bowiem podatek odroczony to jedynie przyszły obraz jednostki (Wójtowicz 2010).

W przepisach wskazano także alternatywną metodę ustalania podstawy opodatkowania (tzw. metoda uproszczona) – art. 24 ca ust. 3a ustawy o podatku CIT.

Podstawa opodatkowania = [(P – Po) – (K – Am – Kfd)] * 30%

Podstawa opodatkowania * (stawka podatku) 10%

Objaśnienia:

P – zsumowana wartość przychodów podatkowych ze wszystkich źródeł,

Po – przychody odsetkowe (rozumiane jako art. 15c ust. 13 ustawy o CIT),

K – suma KUP (kosztów uzyskania przychodów) bez zmniejszeń zgodnie z art. 15c ust. 1 ustawy o CIT,

Am – odpisy amortyzacyjne zaliczone do KUP,

[26] EBITDA – wyraża rentowność przedsiębiorstwa pomijając konsekwencje operacji finansowych i amortyzacji dawnych inwestycji. Inaczej to zysk operacyjny przed potrąceniem odsetek oraz amortyzacji rzeczowych aktywów trwałych, por. I. Cieślak, E. Kwiatkowska, *Narzędzia rachunkowości w praktyce działania regulatora sektorowego w telekomunikacji*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie". 2/2015, Siedlce 2015.

Kfd – podatkowe koszty finansowania dłużnego nieuwzględnione w wartości początkowej środków trwałych i/lub wartości niematerialnych i prawnych.

Poprzez koszty finansowania dłużnego należy rozumieć wszelkie koszty związane z pozyskaniem środków finansowych, korzystaniem z tych funduszy (odsetki, prowizje, opłaty, kary) oraz koszty zabezpieczenia zobowiązań (art. 15c ust. 12 ustawy o CIT). Również należy ująć te, które zostały wliczone do wartości początkowej środków trwałych oraz wartości niematerialnych i prawnych.

Istotnie, na potrzeby kalkulacji podstawy opodatkowania minimalnego CIT nie należy brać pod uwagę wszystkich kosztów finansowania dłużnego. Prawidłowo stworzona ewidencja księgowa powinna móc wyodrębnić jedynie koszty jakie podatnik poniósł na rzecz podmiotu powiązanego. Jeżeli wspomniane koszty będą wyższe niż wspomniane 30% EBITDA to nadwyżka powinna zostać podstawiona do powyższego wzoru.

Wyjaśnieniu powinny także podlegać koszty nabytych usług i wartości niematerialnych, które od lat stanowią pole manewru do przenoszenia kosztów pomiędzy podmiotami gospodarczymi. Często ich wykonanie nie jest właściwie udokumentowane, co może pozwolić na podważenie przez organy skarbowe ich zasadności oraz prawidłowości rozliczeń (księgowych i podatkowych).

Do wspomnianych wyżej kosztów niematerialnych należy zakwalifikować:

1) usługi doradcze, badanie rynku, usługi reklamowe, usługi zarządzania i kontroli, przetwarzania danych, ubezpieczeń, gwarancji i poręczeń,
2) opłaty i należności za prawo do korzystania z praw lub samo prawo do korzystania z wartości wskazanych w art. 16b ust. 1 pkt 4-7 ustawy o CIT,
3) przeniesienia ryzyka niewypłacalności dłużnika z tytułu pożyczek, innych niż udzielone przez banki i SKOK-i, w tym, w ramach zobowiązań wynikających z pochodnych instrumentów finansowych oraz świadczeń o podobnym charakterze, poniesionych na rzecz podmiotów bezpośrednio powiązanych.

Druga z metod jest znacząco prostsza. W sytuacji, gdy podatnik uzna, że przytoczony powyżej mechanizm ustalania podstawy opodatkowania jest zbyt skomplikowany, może wybrać wspomnianą wcześniej metodę alternatywną. Polega ona na obliczeniu podatku według stawki 3% pozostałych przychodów podatkowych (innych niż zyski kapitałowe). Istotnie,

należy poinformować o fakcie wyboru danej metody w zeznaniu podatkowym za dany rok podatkowy.

Reasumując, wybór metody należy do podatnika i można wybrać:

1) opodatkowanie przychodów podatkowych według stawki 3% poza tymi wymienionymi w katalogu zamkniętym (zyski kapitałowe),
2) sumę 1,5% przychodów i pasywnych kosztów finansowania dłużnego oraz usług niematerialnych.

## SZANSE I ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z MINIMALNYM PODATKIEM CIT W POLSCE

Podatek minimalny ma na celu realizację nie tylko funkcji fiskalnej, ale również funkcji redystrybucyjnej[27]. W literaturze podatki minimalne są określane jako środki antyabuzywne[28] i są uznawane za narzędzie państw w walce z nowymi formami unikania opodatkowania, które wykształciły się w warunkach globalizacji i rozwoju wolnego handlu[29].

Podatek minimalny zgodnie z uzasadnieniem projektu ustawy o CIT ma na celu uszczelnienie systemu podatkowego przez ograniczenie stosowania przez podatników mechanizmów optymalizacji podatkowej.

Dane powołane we wspomnianym uzasadnieniu, dotyczące wartości luki w CIT w 2018 r., wskazywały, że wyniosła ona 22,0 mld zł, a aż 14,5% jej wartości (około 3,2 mld zł) wynikało z tzw. zagranicznej luki w CIT. Jest ona rozumiana jako ubytek będący rezultatem sztucznego transferowania zysków do innych krajów przez przedsiębiorstwa, głównie korporacje międzynarodowe. Od tamtego czasu zanotowano wzrost zarówno nominalnej wartości całkowitej luki w CIT do 26,0 mld zł w 2020 r., jak i nominalnej wartości oraz procentowego udziału zagranicznej luki w CIT. W 2020 r. wyniosła ona bowiem 4,1 mld zł, co stanowiło 15,8% ogólnej luki w CIT[30].

---

[27] A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

[28] M. Jamroży, A. Łożykowski, *Doświadczenia polskie w minimalnym opodatkowaniu: podatek od przychodów z budynków*, „Finanse i Prawo Finansowe" 2021, nr 2.

[29] Z. Klimaszewska, *Minimalny podatek dochodowy od osób prawnych w świetle prawnoporównawczym (Polska, Włochy, Austria)*, „Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych" 2022, nr 8.

[30] Polski Instytut Ekonomiczny, *Luka CIT w Polsce*, Warszawa, sierpień 2022 r., https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2022/12/WorkingP-2-2022-Luka-CIT-w-PL.pdf za: A. Skręt-Bednarz, Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z po-

W literaturze zauważa się, że wprowadzone przepisy dotyczące polskiego podatku minimalnego nie ograniczają się do podmiotów międzynarodowych, będą więc miały również wpływ na niskorentowne podmioty krajowe. Efektem tych regulacji będzie zatem zmniejszenie ogólnej luki w CIT, a nie tylko zagranicznej, jak wskazano w przywołanym uzasadnieniu projektu ustawy[31].

Szacowane skutki budżetowe zakładane pierwotnie przy wprowadzaniu pierwszej wersji podatku minimalnego wskazywały na roczny wzrost wpływów budżetowych o 1,5 mld zł począwszy od 2023 r. (tj. z rozliczenia podatkowego za 2022 r.). Te dodatkowe wpływy miały pochodzić od około 5,0% podatników CIT. Na etapie odraczania momentu wejścia w życie tych przepisów i wprowadzania do nich modyfikacji, co nastąpiło w październiku 2022 r., dokonano rewizji powyższych założeń. W efekcie zakładany roczny wzrost wpływów budżetowych spadł do około 1,0 mld zł. Powyższe zmniejszenie wynika ze zmienionych zasad obliczania podstawy opodatkowania tym podatkiem, ale też z modyfikacji reguł kwalifikacji podmiotów obowiązanych do jego zapłaty, co spowodowało spadek szacowanej liczby podmiotów objętych tymi regulacjami do około 1,0% podatników CIT. Ponadto z powodu odroczenia wpływy te pojawią się dopiero począwszy od 2025 r. (z rozliczenia podatkowego za 2024 r.)[32].

Wprowadzenie minimalnego podatku CIT w Polsce budzi mieszane uczucia. Stwierdzenie to wynika z rozmów przeprowadzonych z przedsiębiorcami zarządzającymi spółkami kapitałowym przez autorów. Z całą pewnością zagadnienie to budzi niepokój o możliwe, wysokie obciążenia podatkowe, które mogą wpłynąć na przedsiębiorców w różnorodny sposób, zarówno pozytywny, jak i negatywny. Poniżej zestawiono kilka możliwych scenariuszy.

Rozpatrując pozytywne aspekty szans związanych z minimalnym CIT może on być korzystny dla podmiotów funkcjonujących w sektorze usługowym i/lub handlowym. Rzadko można rozpatrywać szanse w branży produkcyjnej, chyba że mowa o niskich marżach zysku. Być może wpro-

datku dochodowego od osób prawnych, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

31) A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

32) Ocena skutków regulacji do projektu ustawy o zmianie ustawy o podatku dochodowym od osób prawnych oraz niektórych innych ustaw, druk sejmowy nr 2544 (IX kad.), https://orka.sejm.gov.pl/Druki9ka.nsf/0/DDB3C99907D9F5DBC12588A900268C46/%24File/2544.pdf, za: A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

wadzenie tego rozwiązania będzie mogło obniżyć zobowiązanie podatkowe, z dotychczasowego poziomu 19% do 10% (zatem o 9 pkt proc.). Patrząc z perspektywy pracownika być może wpłynie to na wyższe zarobki w przedsiębiorstwie.

W ostatnich latach na rynku obserwowany jest trend rejestrowania spółek kapitałowych prawa handlowego[33]. Być może taka tendencja wynika z wprowadzonych przepisów Polskiego Ładu (poniekąd również minimalnego CIT), lub też przyczyn takiego stanu rzeczy można dopatrywać się w rozwoju przedsiębiorczości wśród obywateli Polski. Niższe opodatkowanie, niż w przypadku działalności jednoosobowych oraz możliwość ograniczenia odpowiedzialności za zobowiązania spółki mogą wskazywać na przytoczony stan rzeczy.

Obok wspominanych szans można także wskazać możliwy wzrost inwestycji poprzez alokowanie środków przez podmioty gospodarcze. Inwestycje te mogą być rozpatrywane jako wydatki na nowe środki trwałe, czy też badania i rozwój technologii. Czynniki te mogą wpłynąć korzystnie na wzrost przychodów w podmiotach gospodarczych.

Autorzy wskazują także na możliwe zwiększenie konkurencyjności w Polsce w stosunku do innych krajów sąsiadujących. Mowa tutaj o przyciąganiu zagranicznego kapitału, dzięki czemu mogą zostać utworzone nowe miejsca pracy oraz co sprzyja rozwojowi gospodarczemu.

Powyższe pozytywne, możliwe skutki wprowadzenia minimalnego CIT mogą wskazywać na pożądane kierunki zmian w gospodarce[34]. Jednakże patrząc na drugą stronę medalu, czyli zagrożenia i ryzyka związane z omawianym zagadnieniem należy wskazać ryzyko utraty dochodów dla państwa, ryzyko powstania nierówności podatkowych, czy chociażby brak stabilności finansowej dla państwa. Mogą wystąpić sytuacje, że wpływy z tytułu CIT będą nierówne w kolejnych latach, co może utrudnić planowanie budżetu.

Obniżenie stawki CIT może oznaczać mniejsze wpływy podatkowe dla państwa, co może utrudnić finansowanie publicznych projektów i programów takich jak: służba zdrowia, edukacja czy infrastruktura. Zjawisko to należy rozpatrywać negatywnie, tym bardziej patrząc przez pryzmat rosnącego długu publicznego.

---

[33] Mały Rocznik Statystyczny Polski 2023, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

[34] M. Gorynia, J. Kuczewska, *Zmiany wywołane pandemią COVID-19 w sektorze MŚP i ich wpływ na realizację procesów biznesowych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2024.

Wprowadzenie mechanizmu minimalnego podatku CIT może prowadzić do nierówności podatkowych, szczególnie jeśli większe firmy mogą unikać podatku poprzez złożone mechanizmy planowania podatkowego, podczas gdy mniejsze firmy nie dysponują takimi zasobami, czy to materialnymi, czy też kadrowymi.

Ponadto autorzy artykułu upatrują potencjalnych problemów z minimalnym podatkiem CIT prowadzących do zmniejszenia wpływów podatkowych dla państwa, co z kolei może ograniczyć środki przeznaczane na usługi publiczne, takie jak opieka zdrowotna, edukacja, czy infrastruktura. To może zwiększyć koszty dla przedsiębiorców przykładowo poprzez wzrost kosztów opieki zdrowotnej dla pracowników.

Wprowadzenie minimalnego CIT może skutkować mniejszymi dochodami budżetowymi, co może prowadzić do deficytu budżetowego i większego obciążenia długiem publicznym, a co za tym idzie zagrożeniem dla stabilności finansowej państwa. Takie warunki mogą stwarzać niepewność co do stabilności finansowej kraju, co z kolei może negatywnie wpływać na klimat inwestycyjny i przedsiębiorczość.

Przepisy ustawy o CIT przewidują możliwość zmniejszenia opodatkowania w efekcie korzystania z różnego rodzaju ulg i zwolnień podatkowych. Może to jednak u wielu podatników skutkować koniecznością dopłaty podatku, zmniejszonego wcześniej przez wykorzystanie ww. ulg czy zwolnień. Wpływ wprowadzenia podatku minimalnego na rozliczenia podatkowe podmiotów gospodarczych korzystających z niektórych podatkowych instrumentów wsparcia, a w efekcie wpływ na atrakcyjność różnego rodzaju zachęt podatkowych, był analizowany w literaturze[35].

Analizowano w szczególności skutki krajowego podatku minimalnego na przykładzie dwóch najpopularniejszych wśród polskich podatników CIT rozwiązań, a mianowicie: ulgi z tytułu działalności badawczo-rozwojowej, określonej w art. 18d ustawy o CIT; zwolnienia z tytułu prowadzenia działalności na podstawie zezwolenia na prowadzenie działalności na terenie specjalnej strefy ekonomicznej (zgodnie z art. 17 ust. 1 pkt 34 ww. ustawy o CIT) lub na podstawie decyzji o wsparciu (zgodnie z art. 17 ust. 1 pkt 34a ustawy o CIT), dwa ostatnie w dalszej części artykułu nazywane są wspólnie zwolnieniami strefowymi[36].

---

[35] Zob. A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

[36] Ibidem.

Według statystyki opublikowanej w raporcie Ministerstwa Finansów pt. *Informacja dotycząca rozliczenia podatku dochodowego od osób prawnych za 2021 rok*[37] z odpisu z tytułu ulgi z tytułu działalności badawczo-rozwojowej skorzystało w 2021 r. 2064 przedsiębiorców, a sumaryczna kwota odliczeń od podstawy opodatkowania wyniosła 4,3 mld zł[38]. Z kolei ze zwolnień strefowych w sumie skorzystało 1142 podatników, w tym 1121 na podstawie decyzji o wsparciu i 21 na podstawie zezwoleń, a sumaryczna wartość zwolnionego dochodu wyniosła 20,5 mld zł[39]. Dla porównania – z obniżonej stawki podatku dla dochodu z kwalifikowanych praw własności intelektualnej (tzw. IP/innovation box) skorzystało tylko 158 podatników[40].

Z powyższej analizy wynika, że krajowy podatek minimalny nie powinien mieć znaczącego wpływu na sytuację finansową podatników korzystających z ulg i zwolnień w CIT, w szczególności z ulgi z tytułu działalności badawczo-rozwojowej oraz zwolnienia strefowego. Może się zdarzyć, że podatnicy będą musieli niejako zwrócić w podatku minimalnym część wykorzystanej w CIT ulgi czy zwolnienia. Są to jednak niezbyt częste przypadki i dotyczą podatników w specyficznej sytuacji (bardzo niskiej rentowności w przypadku ulgi z tytułu działalności badawczo-rozwojowej lub bardzo małego udziału działalności strefowej w całej działalności podatnika)[41].

Niezależnie od powyższego w literaturze podnosi się, że krajowy podatek minimalny znacząco skomplikuje rozliczenia podatkowe tych podmiotów, gdyż oznacza dla nich kolejny obowiązek związany z weryfikacją poziomu rentowności podatkowej, a w przypadku jej wartości nieprzekraczającej 2,0% – z ustalaniem podstawy opodatkowania, odpowiednich pomniejszeń i odliczeń w związku z krajowym podatkiem minimalnym. Powyższe wywołuje obawy o konkurencyjność polskiej gospodarki i jej dalszy rozwój, w szczególności w kontekście już i tak znacznego poziomu skomplikowania polskiego systemu podatkowego[42].

---

[37] Ministerstwo Finansów, *Informacja dotycząca rozliczenia podatku dochodowego od osób prawnych za 2021 rok*, Warszawa, grudzień 2022 r., https://www.podatki.gov.pl/media/8887/infromacja-dotycz%C4%85ca-rozliczenia-podatku-cit-za-2021-r.pdf.

[38] Tamże, s. 13.

[39] Tamże, s. 8 i 10.

[40] Tamże, s. 15.

[41] A. Skręt-Bednarz, *Wpływ polskiego podatku minimalnego na wybrane ulgi i zwolnienia z podatku dochodowego od osób prawnych*, Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych 2024 nr 3.

[42] Ibidem.

## ZAKOŃCZENIE

Konkludując podatek minimalny CIT w Polsce stanowi istotny krok w zakresie reformy systemu podatkowego, który niesie ze sobą zarówno szanse, jak i zagrożenia dla gospodarki oraz finansów państwa.

W dążeniu do realizacji celów wskazanych we wstępie artykułu należy podkreślić, że istnieje wiele szans i zagrożeń związanych z wprowadzeniem tego rozwiązania do obrotu prawnego. Należy wyrazić niepewność, czy w najbliższym czasie nie rozpocznie się fala przekształceń, czy też zmian w podmiotach gospodarczych. Mogą wystąpić sytuacje, że zamiast osoby prawnej jako udziałowca zaczną pojawiać się w rejestrach osoby fizyczne, aby uniknąć opodatkowania.

W kontekście szans, obniżenie minimalnego CIT może stymulować przedsiębiorczość, inwestycje i rozwój sektora małych i średnich przedsiębiorstw. Poprawa konkurencyjności gospodarki na arenie międzynarodowej może przyciągnąć więcej inwestycji zagranicznych, co w dłuższej perspektywie czasowej może przyczynić się do wzrostu gospodarczego.

Jednakże, wprowadzenie minimalnego CIT niesie również ze sobą pewne zagrożenia. Spadek dochodów państwa oraz ryzyko zwiększenia nierówności społecznych stanowią istotne wyzwania. Istnieje także obawa przed długoterminowymi konsekwencjami dla stabilności finansowej kraju, szczególnie jeśli nie zostaną podjęte odpowiednie kroki w celu zrównoważenia wpływu obniżenia stawki CIT na budżet państwa.

W ocenie autorów artykułu przepisy nie są równe dla wszystkich podatników, co może powodować nierówności podatkowe. We wspomnianym na wstępie uzasadnieniu można przeczytać o uszczelnianiu systemu podatkowego w Polsce. Z całą pewnością taki zabieg został zrealizowany poprzez wprowadzenie nowej stawki podatku 10%, jednakże można dopracować przepisy, aby były sprawiedliwe.

Praktycznie rzecz biorąc każdy podatnik podatku CIT jest już teraz zobowiązany do przeanalizowania sytuacji w jakiej się może znaleźć jego przedsiębiorstwo. Obecnie funkcjonujące przepisy w zakresie minimalnego podatku CIT (od 1 stycznia 2024 roku) są dość skomplikowane, co może sprawiać nie lada problemy.

Artykuł stanowi podstawę do dalszych rozważań w tym aspekcie, wpływów z podatku minimalnego CIT, metod unikania jego opłacania, czy też opłacalności jego stosowania.

## BIBLIOGRAFIA


1. Cieślak-Wróblewska A. (2023), *CIT pobił kilka rekordów. Budżetowe dochody najwyższe w historii,* https://www.rp.pl/budzet-i-podatki/art38084751-cit-pobil-kilka-rekordow-budzetowe-dochody-najwyzsze-w-historii, dostęp dnia: 23 marca 2024 roku.
2. Cieślak I., Kwiatkowska E.M. (2015), *Narzędzia rachunkowości w praktyce działania regulatora sektorowego w telekomunikacji,* „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie". 2/2015, Siedlce.
3. Dymlang P. (2023), *Minimalny podatek dochodowy,* [w:] Hołda A. (2023), *Podatkowe i bilansowe zamknięcie roku 2023,* Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa.
4. Flis M., C. (2022), *Podatek dochodowy od osób prawnych – ujęcie modelowe a praktyka ustawowa,* Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych Nr 10/2022, Warszawa.
5. Gorynia M., Kuczewska J. (2024), *Zmiany wywołane pandemią COVID-19 w sektorze MŚP i ich wpływ na realizację procesów biznesowych,* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
6. Grądalski F. (2007), Teoretyczne aspekty reformowania systemu podatkowego – zarys modelu referencyjnego dla Polski [w:] O nowy ład podatkowy w Polsce, J. Ostaszewski (red.), SGH, Warszawa.
7. Grycuk A. (2010), *Podatek CIT jako narzędzie polityki gospodarczej,* Wydawnictwo Sejmowe dla Biura Analiz Sejmowych, Warszawa.
8. Hołda A., Łojek P. (2023), *Prace badawczo – rozwojowe,* [w:] Hołda A. (red.), *Podatkowe i bilansowe zamknięcie roku 2023,* Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa.
9. Janiszewska M., Tkaczała A. (2023), *CIT „estoński" – wątpliwości na gruncie prawa podatkowego i bilansowego,* Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH, Warszawa.
10. Klimaszewska Z. (2022), *Minimalny podatek dochodowy od osób prawnych w świetle prawnoporównawczym (Polska, Włochy, Austria),* Doradztwo Podatkowe – Biuletyn Instytutu Studiów Podatkowych Nr 8/2022, Warszawa.
11. Kłopotowska D. (2023), *Podatek minimalny – nowe obowiązki od 1 stycznia 2024 roku,* https://grantthornton.pl/publikacja/podatek-minimalny-nowe-obowiazki-od-1-stycznia-2024-roku/, dostęp dnia: 23 marca 2024 roku.

12. Kotyla C. (2022), *CIT minimalny – pułapka czy motywacja dla nierentownych przedsiębiorstw,* Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
13. Łojek P. (2021), *Ocena udziału podatku odroczonego w stosunku do sumy bilansowej spółek WIG20,* [w:] Kozioł W. (red.), Egzogeniczne i endogeniczne uwarunkowania rachunkowości, tom I, Wydawnictwo IUS Publicum, Katowice.
14. Mały Rocznik Statystyczny Polski 2023, (2023), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
15. Nogacki R., *Polski Ład wprowadza 10 proc. minimalny CIT dla firm i spółek*, https://www.pit.pl/aktualnosci/polski-lad-wprowadza-10-proc-minimalny-cit-dla-firm-i-spolek-1006796, dostęp dnia: 23 marca 2024 roku.
16. Sarnowski J., Łożykowski A., Domaszczyńska P. (2020), *Estoński CIT dla Polski. Potencjał, model wdrożenia i oczekiwane efekty*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.
17. Stolarski A. (2015), *Wpływ metod poboru i terminu rozliczenia podatku CIT na strategie zarzadzania płynnością przedsiębiorstwa. Analiza na podstawie rozwiązań przyjętych w krajach Unii Europejskiej,* Institute of Economic Research Working Papers No. 108/2015, Institute of Economic Research (IER), Toruń.
18. Uchman J. (2023), *Polski Ład z perspektywy opodatkowania dochodów osób prawnych,* Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
19. Ustawa z dnia 15 lutego 1992 roku o podatku dochodowym od osób prawnych (tj. Dz. U. 2023 poz. 2805).
20. Uzasadnienie rządowego projektu ustawy o zmianie ustawy o podatku dochodowym od osób fizycznych, ustawy o podatku dochodowym od osób prawnych oraz niektórych innych ustaw, druk sejmowy nr 1532, IX kadencja Sejmu, https://www.sejm.gov.pl/sejm9.nsf/druk.xsp?nr=1532; dostęp dnia 22 marca 2024 roku.
21. Wirski J. (2022), *Kilka uwag o minimalnym podatku dochodowym*, Przegląd Podatkowy nr 4, Warszawa.
22. Wójtowicz P. (2010), *Wiarygodność sprawozdań finansowych wobec aktywnego kształtowania wyniku finansowego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 55-78
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223

**Anna Gas**
lic., absolwentka Kierunku Finanse i Rachunkowość,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki w Krakowie (WSEI)

**Katarzyna Strojny**
dr, Zakład Zarządzania i Rachunkowości,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki w Krakowie (WSEI)
email: kstrojny@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0001-7818-7192

**Krzysztof Kleszcz**
mgr, Zakład Zarządzania i Rachunkowości,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki w Krakowie (WSEI)
email: kkleszcz@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1794-8052

# PRACOWNICZE PLANY KAPITAŁOWE JAKO ALTERNATYWA OSZCZĘDZANIA NA EMERYTURĘ – WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH

## EMPLOYEE CAPITAL PLANS AS AN ALTERNATIVE TO SAVING FOR RETIREMENT – OWN RESEARCH RESULTS

***Słowa kluczowe:*** *emerytura, pracownicze plany kapitałowe, system emerytalny, III filar, powszechny program emerytalny*

***Key words:*** *pension, employee capital plans, pension system, III pillar, universal pension program*

**JEL Classification:** J 26

## Streszczenie

System emerytalny w Polsce nie zapewnia przyszłym emerytom godnej emerytury. Jedną z możliwości oszczędzania na przyszłą emeryturę jest III filar. Zaproponowany został w formie różnego rodzaju programów umożliwiających oszczędzanie. Jednym z tych programów są Pracownicze Plany

Kapitałowe, wdrażane od 2019 roku. Pozwalają one pracownikowi dodatkowo oszczędzać na przyszłą emeryturę we współpracy z pracodawcą i państwem. Celem artykułu jest pokazanie postrzegania tej alternatywy przez pracowników. Cel został zrealizowany poprzez przeprowadzenie badań własnych w 2022 i 2023 roku.

**Abstract**
The pension system in Poland does not provide future retirees with a decent pension. One of the options for saving for your future retirement is the third pillar. It was proposed in the form of various types of saving programs. One of these programs is Employee Capital Plans, implemented since 2019. They allow the employee to additionally save for future retirement in cooperation with the employer and the state. The aim of the article is to show employees' perception of this alternative. The goal was achieved by conducting own research in 2022 and 2023.

## WSTĘP

Po reformie systemu emerytalnego, która stała się faktem 01.01.1999 r. Polacy otrzymali możliwość oszczędzania na przyszłą emeryturę w tzw. III filarze. Z uwagi na fakt, że przewidywane emerytury, będące wynikiem oszczędzania i gromadzenia środków w I oraz II filarze nie zapowiadają się satysfakcjonująco, problem zabezpieczenia emerytalnego wydaje się istotnym zagadnieniem. Obiektywnie patrząc, biorąc pod uwagę problemy demograficzne polskiego społeczeństwa, musimy liczyć się z niskimi emeryturami w przyszłości. Potwierdzają to dane OECD. Stopa zastąpienia w naszym kraju tj. stosunek ostatniego wynagrodzenia do emerytury jest jedną z najniższych wśród krajów rozwiniętych. W latach 2014-2020 spadła ona z 52,5% do 42,4% [5]. Natomiast w 2060 roku świadczenie z ZUS ma wynosić zaledwie 25% ostatniego wynagrodzenia. Optymizmem nie napawają również dane Komisji Europejskiej, która szacuje, że w roku 2050 liczba emerytów i osób pracujących praktycznie się zrówna [6].

Zgodnie z danymi prezentowanymi przez Komisję Nadzoru Finansowego coraz więcej osób decyduje się na oszczędzanie w trzecim filarze, a wartość zgromadzonych w nim aktywów systematycznie rośnie.

Oprócz od dawna znanych form oszczędzania, jakimi są: Powszechne Programy Emerytalne, Indywidualne Konta Emerytalne czy Indywidualne Konta Zabezpieczenia Emerytalnego rząd zaproponował kolejną alter-

natywną możliwość gromadzenia środków na przyszłą emeryturę, jaką są Pracownicze Plany Kapitałowe.

Program ten został wprowadzony w 2019 roku i jak inne programy emerytalne stanowi dobrowolną formę oszczędzania pracownika na emeryturę. Wdrażany był stopniowo, a jego nowością jest łączenie dobrowolności z naciskiem. Zgodnie z założeniami ostatecznie w 2021 roku wszystkie firmy w Polsce miały obowiązek wdrożyć Pracownicze Plany Kapitałowe.

Celem artykułu jest pokazanie postrzegania Pracowniczych Planów Kapitałowych przez pracowników w Polsce. Jego realizacja nastąpiła poprzez badania ankietowe przeprowadzone wśród pracowników Krakowa w 2022 i 2023 roku.

## POLSKI SYSTEM EMERYTALNY

Każdy z nas po osiągnięciu wieku emerytalnego i zakończeniu aktywności zawodowej powinien mieć zabezpieczone środki finansowe, wypłacane z gwarantowanego przez państwo systemu emerytalnego. System emerytalny to zorganizowany sposób gromadzenia i wypłaty świadczeń emerytalnych. Co do zasady powinien on zapewniać osobom starszym utrzymanie się i prowadzenie godnego życia. Działa na zasadzie redystrybucji, a bieżące składki odprowadzane przez osoby zatrudnione finansują świadczenia dla osób, które są na emeryturze.

Funkcjonowanie systemu emerytalnego zdeterminowane jest wieloma czynnikami, jednym z nich jest starzenie się polskiego społeczeństwa. Dodatkowo wydłuża się przeciętna długość życia, a wskaźniki dzietności w Polsce nie napawają optymizmem. Wszystko to sprawia, że jest coraz więcej osób na emeryturze w porównaniu z liczbą pracujących. W ostatnich latach Polska i **świat narażona** była na dodatkowe, nietypowe czynniki destabilizujące. Pandemia Covid-19, wojna w Ukrainie, kryzysy ekonomiczne oraz konsekwencje z nimi związane sprawiają, że system emerytalny może być narażony na dodatkowe trudności finansowe.

Wiele krajów stoi przed koniecznością reformy systemu emerytalnego, zwraca się uwagę na konieczność podniesienia wieku emerytalnego i/lub zmniejszenia wysokości wypłacanych świadczeń. Działania te mają na celu stabilizację zabezpieczenia emerytalnego.

Początki systemów emerytalnych sięgają czasów rewolucji przemysłowej, która stworzyła nową klasę społeczną – robotników. Po raz pierwszy polski robotnik zetknął się z emeryturami w okresie zaborów, kiedy Polska nie istniała na mapie świata, a w każdym z zaborów obowiązywał

inny system emerytalny. Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości nie było jednolitego systemu emerytalnego. Na obszarach dawnych zaborów funkcjonowały odmienne uregulowania z tego zakresu. W okresie międzywojennym Sejm uchwalił ustawę z dnia 28 marca 1933 r. o ubezpieczeniu społecznym [13], uzupełnioną rozporządzeniem Prezydenta RP z 24 października 1934 r. o zmianie ustawy o ubezpieczeniu społecznym.

Cytowane przepisy wprowadzały powszechne ubezpieczenie emerytalne ze składką uzależnioną od wysokości zarobków. System emerytalny miał charakter solidarnościowy. Zmiany systemu emerytalnego w Polsce zostały wprowadzone w 1946 dekretem z dnia 8 stycznia 1946 r. o zmianie i uzupełnieniu ustawy z dnia 28 marca 1933 roku o ubezpieczeniu społecznym [4]. Początkowo system ten opierał się na przepisach przedwojennych, z czasem ulegał kolejnym modyfikacjom. Między innymi wprowadzono zapis, na podstawie którego wysokość emerytury zależała od liczby przepracowanych lat. Z powszechnego systemu emerytalnego wyłączone były niektóre formacje, jak na przykład wojsko, policja czy górnicy i kolejarze. Zupełnie inne przepisy obowiązywały spółdzielców i rolników. System ten przetrwał do 1999 roku, kiedy za rządów premiera Jerzego Buzka zreformowano system emerytalny w Polsce. Zmodyfikowany system emerytalny miał opierać się na 3 filarach.

W skład systemu weszły elementy obowiązkowe i dobrowolne. Jednym z obowiązkowych elementów był tzw. I filar oparty o Fundusz Ubezpieczeń Społecznych, kolejny obowiązkowy składnik systemu to element kapitałowy, działający w oparciu o Otwarte Fundusze Emerytalne tzw. II filar. System zawierał dodatkowo część dobrowolną kapitałową, która została objęta preferencjami podatkowymi.

Przewidziane prawem przepisy nadal zachowywały odrębne uprawnienia dla wojska, funkcjonariuszy służb mundurowych, sędziów i prokuratorów. Największe jednak kontrowersje wzbudzał tzw. II filar, czyli Otwarte Fundusze Emerytalne, którego celem – zgodnie z założoną reformą miało być nie tylko dofinansowanie przyszłych emerytur ze zgromadzonego kapitału, ale również stworzenie mas kapitału podnoszących kapitalizację krajowych rynków finansowych [1].

Ustawa była kilkukrotnie nowelizowana. Obecnie polski system emerytalny składa się z trzech filarów. Dwa z nich mają charakter obowiązkowy, natomiast trzeci jest dobrowolny. Pierwszy z nich – jak już wspomniano – ma charakter obowiązkowy, a składki pobrane w ramach pierwszego filaru trafiają do Zakładu Ubezpieczeń Społecznych. I filar to powszechne ubezpieczenie emerytalne, które obowiązkowo jest płacone przez każdego

zatrudnionego oraz jego pracodawcę. Oparty jest o system repartycyjny co oznacza, że składki wpłacane przez obecnie pracujących są wykorzystywane na sfinansowanie kosztów emerytur. Podstawą wymiaru składki emerytalnej w przypadku osoby zatrudnionej np. na umowę o pracę jest wynagrodzenie brutto. Składka emerytalna wynosi 19,52% z czego 9,76% pokrywa pracodawca, a kolejne 9,76% pokrywa pracownik. Podstawa wymiaru składki dla przedsiębiorcy to 60% przeciętnego prognozowanego wynagrodzenia miesięcznego w danym roku. W 2024 roku kształtuje się ona na poziomie 1600,27 zł miesięcznie.

Drugi filar, który również jest obowiązkowy, jest kapitałową częścią systemu emerytalnego. Część składki, która jest przekazywana do Zakładu Ubezpieczeń Społecznych, trafia na specjalnie utworzone subkonto. Na koto ZUS przekazywane jest 12,22% odprowadzanych składek, natomiast 7,3% deponowane jest na wspomnianym wcześniej subkoncie. Alternatywnym sposobem oszczędzania na emeryturę w ramach drugiego filaru jest wybór Otwartego Funduszu Emerytalnego. Każdy nowo zatrudniony pracownik ma cztery miesiące od momentu rozpoczęcia pierwszego zatrudnienia, by wybrać i zarejestrować się w OFE. W przypadku podjęcia decyzji o przystąpieniu do OFE odprowadzana do Zakładu Ubezpieczeń Społecznych składka jest dzielona na trzy części, z czego 12,22% ogółu odprowadzanej składki przekazywane jest na konto ZUS, 4,38% na subkonto konto w ZUS, natomiast 2,92% przekazywane jest do Otwartego Funduszu Emerytalnego. Ubezpieczony sam decyduje o wyborze OFE. Co cztery lata ustawodawca przewidział możliwość zmiany decyzji przez ubezpieczonego. Członkowie OFE mogą podjąć decyzję o zmianie funduszu lub z niego zrezygnować. Wtedy też osoby, które nie uczestniczyły w OFE, mogą do niego przystąpić.

Ostatnim elementem systemu emerytalnego w Polsce jest trzeci filar. Jedną z alternatyw oszczędzania w ramach trzeciego filaru jest Pracowniczy Program Emerytalny. Jest to grupowy, dobrowolny sposób oszczędzania na emeryturę. Inicjatorem PPE jest pracodawca, który finansuje składkę podstawową. Ustawodawca daje możliwość dokonywania wpłat przez pracownika z własnych środków w ramach składki dobrowolnej. Do programu może przystąpić każdy pracownik, który nie ukończył 70 roku życia i jest zatrudniony u pracodawcy minimum przez 3 miesiące.

Zgodnie z przepisami ustawy o PPE składkę podstawową finansuje pracodawca, natomiast pracownik może dobrowolnie dokonywać dodatkowych wpłat z własnych środków w ramach składki dodatkowej. Wysokość składki podstawowej musi mieścić się w przedziale od 3,5% do 7%, natomiast wysokość składki dobrowolnej nie może przekroczyć 4,5

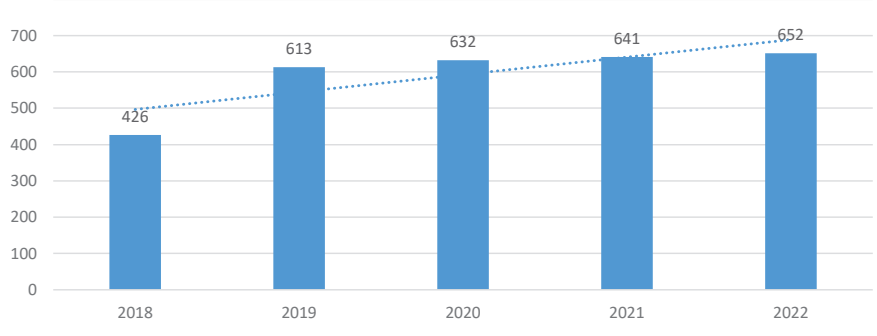
krotności przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia w gospodarce narodowej. W przypadku ustania zatrudnienia uczestnik programu może samodzielnie wpłacać składki na rachunek PPE. Oszczędzający w PPE nie uzyskują bieżących korzyści podatkowych, natomiast przychody kapitałowe oraz wypłata środków z PPE zwolnione są z podatku PIT.

Środki wniesione do programu są zarządzane przez instytucję finansową, która jest wybierana przez pracodawcę w porozumieniu z pracownikami. Obowiązujące przepisy prawa pozwalają na prowadzenia PPE w jednej z form:

- pracowniczego funduszu emerytalnego;
- umowy o wnoszenie przez pracodawcę składek pracowników do funduszu inwestycyjnego;
- umowy grupowego ubezpieczenia na życie pracowników z zakładem ubezpieczeń;
- grupowego ubezpieczenia na życie z ubezpieczeniowym funduszem kapitałowym;
- zarządzania zagranicznego – jest to podmiot mający siedzibę na terytorium państwa członkowskiego Unii Europejskiej, podlegający organowi nadzoru tego państwa.

Podmioty zarządzające gromadzą i lokują środki odprowadzane przez uczestników programu do momentu ich wypłaty z przeznaczeniem na emeryturę. Z danych zaprezentowanych na wykresie 1 wynika, że zainteresowanie tą formą oszczędzania na emeryturę rośnie.

**Wykres 1. Liczba uczestników PPE w latach 2018-2022 (w tys. osób)**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KNF.*

Prowadzenie PPE zwalnia pracodawcę z obowiązku wdrażania Pracowniczych Planów Kapitałowych w firmie.

Inną formą aktywnego oszczędzania na emeryturę jest Indywidualne Konto Emerytalne (IKE). Podobnie jak wcześniej omówiony program PPE jest to dobrowolna forma oszczędzania, pozwalająca odkładać oszczędności na przyszłą emeryturę. Zgodnie z przepisami prawa uczestnikami mogą być osoby, które ukończyły 16 rok życia [14]. Wpłaty uczestnika programu są całkowicie dobrowolne, to z jego decyzji wynika, kiedy i w jakiej wysokości kwoty są wpłacane.

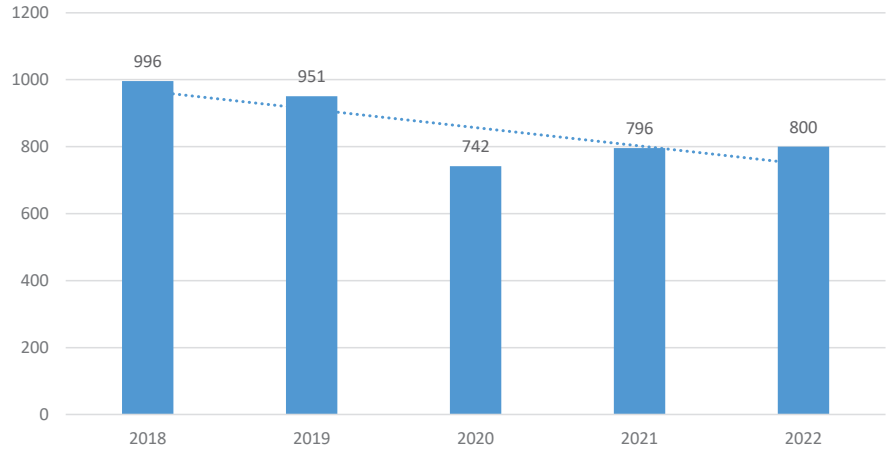
Podobnie jak w przypadku PPE wartość wpłat na Indywidualne Konto Emerytalne jest zlimitowana do wysokości 3-krotności przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia w gospodarce narodowej [3]. Oszczędzający na IKE nie ma prawa do skorzystania z żadnych ulg podatkowych. Korzyścią dla oszczędzającego jest zwolnienie podatkowe w momencie wypłaty zgromadzonych środków.

Umowę o prowadzenie IKE można zawrzeć w formie elektronicznej, dokumentowej lub pisemnej z jedną z następujących instytucji:

- z funduszem inwestycyjnym zarządzanym przez Towarzystwa Funduszy Inwestycyjnych (TFI) – może to być otwarty fundusz inwestycyjny (FIO) lub specjalistyczny fundusz inwestycyjny otwarty (SFIO). Jednostki uczestnictwa w funduszach są zbywane i odkupowane zgodnie z dyspozycją klienta
- z dobrowolnym funduszem emerytalnym zarządzanym przez powszechne towarzystwa emerytalne, którego zadaniem jest inwestowanie środków uczestników w ramach trzeciego filaru emerytalnego;
- z podmiotem prowadzącym działalność maklerską o świadczenie usług polegających na wykonywaniu zleceń nabycia lub zbycia instrumentów finansowych i prowadzenia rachunku papierów wartościowych oraz rachunku pieniężnego
- z zakładem ubezpieczeń – w formie umowy ubezpieczenia na życie z ubezpieczeniowym funduszem kapitałowym. Zawierając umowę o prowadzenie IKE z zakładem ubezpieczeń część składki jest przeznaczona na cel ochronny, a część jest inwestowana na rynku kapitałowym.
- z bankiem – w formie rachunku oszczędnościowego – w przypadku wypłaty, wypłaty transferowej, zwrotu lub częściowego zwrotu, bank przekazuje środki wraz z naliczonym oprocentowaniem.

Podpisując umowę z instytucją zarządzającą uczestnik może wskazać osobę uprawnioną do dziedziczenia aktywów.

**Wykres 2. Liczba oszczędzających w IKE w latach 2018-2022 (w tys. osób)**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KNF.*

Na podstawie wykresu 2 widoczny jest spadek oszczędzających w IKE. Jednocześnie dane Komisji Nadzoru Finansowego wskazują, że wartość aktywów ulokowanych w funduszach rośnie.

Kolejną formą dobrowolnego oszczędzania jest Indywidualne Konto Zabezpieczenia Emerytalnego (IKZE), który wpisuje się w trójfilarową klasyfikację systemów emerytalnych w Polsce. Podobnie jak poprzednie systemy jest dobrowolną formą oszczędzania na przyszłe emerytury. W początkowym etapie funkcjonowania tego systemu wysokość limitu wpłat była skorelowana z wysokością podstawy składki na ubezpieczenie emerytalne, wpłaty nie mogły przekroczyć 4 % podstawy wymiaru składki emerytalnej ustalonej za poprzedni rok. Z czasem limit ten został zmieniony i obecnie kształtuje się na poziomie 1,2 krotności prognozowanego przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia w gospodarce narodowej. Dla osób prowadzących pozarolniczą działalność gospodarczą limit składek jest wyższy. Podobnie jak w przypadku IKE, oszczędzać w tym systemie mogą osoby fizyczne, które ukończyły 16 rok życia. Oszczędzający na IKZE mają możliwość zwolnienia podatkowego. Preferencją jest odliczenie wpłat od podstawy opodatkowania, której mogą dokonać osoby fizyczne i osoby prowadzące pozarolniczą działalność gospodarczą.

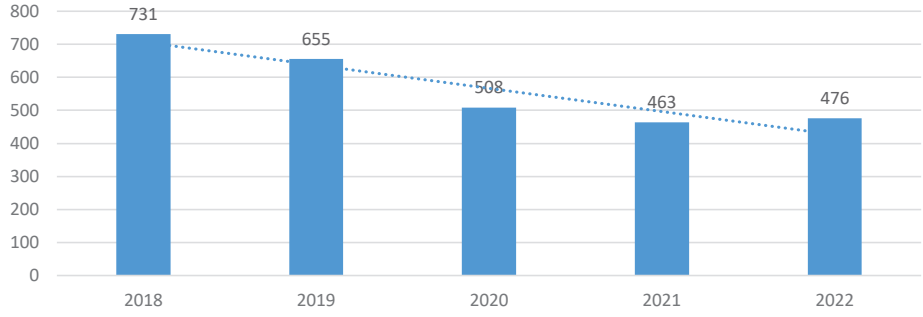
Umowę o prowadzenie IKZE można zawrzeć w formie elektronicznej, dokumentowej lub pisemnej. Umowę tę zgodnie z ustawą o indywidualnych kontach emerytalnych oraz indywidualnych kontach zabezpieczenia emerytalnego, można zawrzeć:

- z funduszem inwestycyjnym zarządzanym przez Towarzystwa Funduszy Inwestycyjnych (TFI) – może to być otwarty fundusz inwestycyjny (FIO) lub specjalistyczny fundusz inwestycyjny otwarty (SFIO). Jednostki uczestnictwa w funduszach są zbywane i odkupowane zgodnie z dyspozycją klienta;
- z dobrowolnym funduszem emerytalnym zarządzanym przez powszechne towarzystwa emerytalne, którego zadaniem jest inwestowanie środków uczestników w ramach trzeciego filaru emerytalnego;
- z podmiotem prowadzącym działalność maklerską o świadczenie usług polegających na wykonywaniu zleceń nabycia lub zbycia instrumentów finansowych i prowadzenia rachunku papierów wartościowych oraz rachunku pieniężnego;
- z zakładem ubezpieczeń – w formie umowy ubezpieczenia na życie z ubezpieczeniowym funduszem kapitałowym. Zawierając umowę o prowadzenie IKE z zakładem ubezpieczeń część składki jest przeznaczona na cel ochronny,
- na cel ochronny, a część jest inwestowana na rynku kapitałowym;
- z bankiem – w formie rachunku oszczędnościowego – w przypadku wypłaty, wypłaty transferowej, zwrotu lub częściowego zwrotu, bank przekazuje środki wraz z naliczonym oprocentowaniem.

Podobnie jak w poprzednim przypadku zgromadzone środki podlegają dziedziczeniu.

Z danych przedstawionych na wykresie nr 3 wynika, że liczba osób oszczędzających w IKZE systematycznie spada.

**Wykres 3. Liczba oszczędzających w IKZE w latach 2018-2022 (w tys. osób)**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KNF.*

## PRACOWNICZE PLANY KAPITAŁOWE W POLSCE

Zgodnie z przepisami prawa Pracownicze Plany Kapitałowe (PPK) zostały powołane do życia w celu systematycznego gromadzenia oszczędności przez uczestników PPK z przeznaczeniem na wypłatę po osiągnięciu przez nich 60 roku życia oraz na inne cele określone w ustawie. Jest to system stworzony i współfinansowany przez pracowników, pracodawców i państwo. Nie jest to część publicznego systemu emerytalnego. PPK wpisują się w trójfilarową klasyfikację systemów emerytalnych, do których zaliczamy indywidualne komponenty, takie jak Indywidualne Konto Emerytalne i Indywidualne Konto Zabezpieczenia Emerytalnego oraz pracownicze komponenty, do których obok Pracowniczych Planów Kapitałowych zaliczymy Pracowniczy Program Emerytalny [2].

Wprowadzenie programu PPK rozpoczęto 1 stycznia 2019 roku, natomiast ostatnia grupa pracowników miała zostać do niego włączona z dniem 01.01.2021 r. Termin objęcia poszczególnych podmiotów gospodarczych przepisami ustawy o pracowniczych planach kapitałowych został rozłożony w czasie i był uzależniony od liczby osób zatrudnionych w danym podmiocie. W ramach wdrażania pracowniczych planów kapitałowych pracownikom, którzy przystąpią do tego programu, utworzone zostały indywidualne konta zasilane systematycznie przez pracownika, pracodawcę oraz państwo. Podmiot zatrudniający zobowiązany jest do wybrania jednej z instytucji zarządzających, z którą zobowiązany jest pod-

pisać umowę i która gromadzi i inwestuje przekazane środki w różnego rodzaju instrumenty finansowe dostępne na rynkach kapitałowych. Środki te są inwestowane w fundusze z uwzględnieniem wieku uczestnika PPK w tzw. Fundusze Zdefiniowanej Daty.

Zgodnie z przepisami prawa uczestnictwo w PPK jest dobrowolne, dlatego też pracownicy, którzy nie chcą uczestniczyć w programie, mogą z programu zrezygnować.

Ustawa normuje, że uczestnikiem programu może zostać każda osoba fizyczna pomiędzy 18 a 55 roku życia. Pracownicy do 55 roku życia są zapisani do programu automatycznie, natomiast pracownicy powyżej 55 roku życia mogą przystąpić do programu dobrowolnie i tylko na złożony wniosek. Oszczędzać w programie PPK można maksymalnie do osiągnięcia 70 roku życia.

Program oszczędzania na emeryturę jest przeznaczony dla zatrudnionych na podstawie umowy o pracę, powołania, wyboru, mianowania lub spółdzielczej umowy o pracę zgodnie z art. 2 Kodeksu pracy [15], z wyjątkiem pracowników przebywających na urlopach górniczych i urlopach dla pracowników zakładu przeróbki mechanicznej. Z programu mogą również korzystać osoby fizyczne wykonujące pracę nakładczą, które ukończyły 18 rok życia, członkowie rolniczych spółdzielni produkcyjnych lub kółek rolniczych. Uczestnikiem PPK nie może być osoba powyżej 70 roku życia, prowadząca jednoosobową działalność gospodarczą. Zwolnieni z prowadzenia PPK są także mikroprzedsiębiorcy – zatrudniający do 9 osób [16] (jeżeli wszystkie osoby zatrudnione złożą deklarację o rezygnacji) z przystąpienia do PPK. Zwolnieniu z opłat podlega podmiot, będący osobą fizyczną, który zatrudnia pracowników w zakresie niezwiązanym z działalnością gospodarczą tego podmiotu (np. zatrudnienie opiekunki do dziecka lub pomoc domową).

Środki finansowe uczestników Pracowniczych Planów Kapitałowych są gromadzone w funduszach emerytalnych i lokowane zgodnie z polityką inwestycyjną tzw. Funduszu Zdefiniowanej Daty. Fundusze te dysponują zgromadzonymi środkami pracowniczymi i w ramach umowy inwestują powierzony kapitał.

Wśród funduszy pracowniczych, w których gromadzone są środki uczestników PPK, należy wymienić:

– fundusz inwestycyjny, zarządzany przez towarzystwo funduszy inwestycyjnych, przyjmuje środki finansowe od podmiotów i zarządza tymi środkami [12] – ich zadaniem jest inwestowanie środków pieniężnych wpłaconych przez uczestników funduszu;

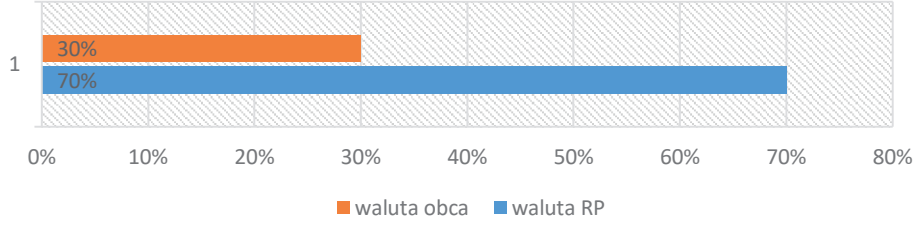
– fundusze emerytalne, zarządzane przez powszechne towarzystwa emerytalne, których zadaniem jest gromadzenie środków pieniężnych uczestników i ich lokowanie z przeznaczeniem na wypłatę członkom funduszu emerytury po osiągnięciu przez nich wieku emerytalnego;
– zakład ubezpieczeń prowadzącym działalność w zakresie ubezpieczeń na życie, który, podobnie jak fundusze inwestycyjne i fundusze emerytalne, inwestuje środki uczestników.

Fundusze te ewidencjonują przyjęte i dokonane wpłaty, dopłaty roczne, wpłaty transferowe i inne opcje w taki sposób, aby możliwe było ich wyodrębnienie. Celem funduszy jest bezpieczne pomnażanie środków uczestników.

Gromadzone na rachunkach uczestników PPK środki są lokowane w fundusze inwestycyjne, które różnicują poziom ryzyka w zależności od wieku uczestnika, są to tzw. Fundusze Zdefiniowanej Daty. Fundusz ten lokuje środki zgromadzone w PPK zgodnie z najlepszym interesem uczestników PPK, dążąc do osiągnięcia bezpieczeństwa i efektywności dokonywanych lokat oraz przestrzegania zasad ograniczonego ryzyka inwestycyjnego. Początkowo fundusze te inwestują większość środków w aktywa o dużym poziomie ryzyka, tj. akcje. Wraz ze zbliżaniem się do daty docelowej tj. wielu emerytalnego uczestnika, ich udział w aktywach spada na rzecz mniej ryzykownych instrumentów finansowych tj. obligacji skarbowych.

Lokowanie środków funduszu zdefiniowanej daty w walutach przedstawia wykres 4.

**Wykres 4. Lokowanie środków w walutach**

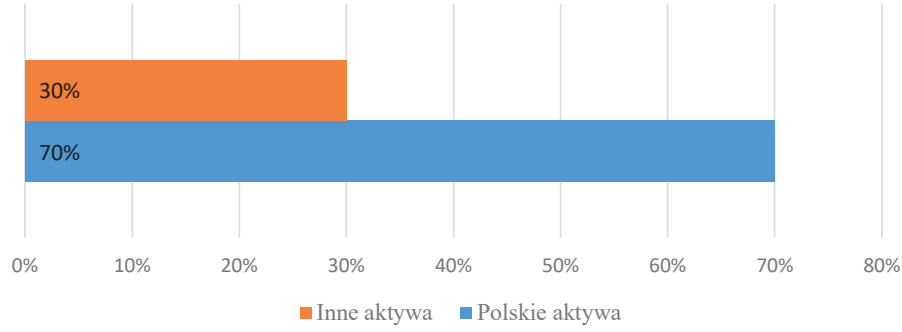



*Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy o pracowniczych planach kapitałowych.*

Przepisy pozwalają na to, by fundusz zdefiniowanej daty w ramach części dłużnej portfela lokował zgromadzone aktywa w instrumenty o dłużnym charakterze takie jak obligacje, bony skarbowe, listy zastawne, certyfikaty. Sposób lokowania środków podlega ścisłym regułom i tak:

– nie mniej niż 70% aktywów lokowane jest w papiery wartościowe emitowane, poręczane lub gwarantowane przez Skarb Państwa, Narodowy Bank Polski, jednostkę samorządu terytorialnego lub przez centralne władze publiczne, aktywa mogą być również lokowane przez fundusz w depozyty o terminie zapadalności nie dłuższym niż 180 dni w bankach krajowych lub instytucjach kredytowych;
– nie mniej niż 30% aktywów może być lokowane w inne instrumenty finansowe. Lokowanie środków funduszy zdefiniowanej daty w ramach części dłużnej portfela przedstawia wykres 5.

**Wykres 5. Lokowanie środków części dłużnej**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy o pracowniczych planach kapitałowych.*

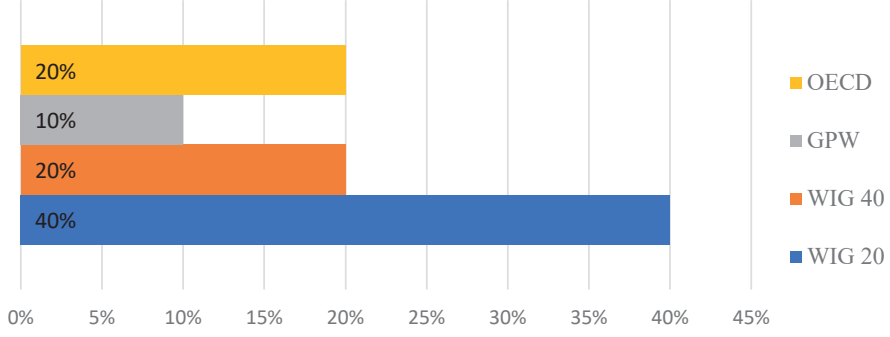
Fundusz zdefiniowanej daty w ramach portfela części udziałowej może lokować aktywa w instrumenty o charakterze udziałowym takie jak np.: akcje, prawa poboru czy tytuły uczestnictwa instytucji wspólnego inwestowania w następujący sposób:

1. nie mniej niż 40% wartości aktywów lokuje się w akcje, prawa do akcji, prawa poboru lub inne instrumenty udziałowe emitowane przez spółki publiczne wchodzące w skład indeksu WIG 20, lub instrumenty pochodne, dla których instrumentem bazowym są akcje tych spółek lub indeks WIG 20;

2. nie więcej niż 20% wartości aktywów fundusz lokuje w akcje, prawa do akcji, prawa poboru lub inne instrumenty udziałowe emitowane przez spółki publiczne wchodzące w skład indeksu WIG 40, lub instrumenty pochodne, dla których instrumentem bazowym są akcje tych spółek lub indeks WIG 40;
3. nie więcej niż 10% wartości aktywów lokuje w akcje, prawa do akcji, prawo poboru lub inne instrumenty udziałowe emitowane przez spółki publiczne notowane na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie, inne niż WIG 20 i WIG 40;
4. nie mniej niż 20% wartości aktywów fundusz lokuje w akcje, prawa do akcji, prawo poboru lub inne instrumenty udziałowe będące przedmiotem obrotu na rynku „OECD" innym niż RP lub instrumenty pochodne, dla których instrumentem bazowym są te instrumenty udziałowe lub indeksy tych instrumentów.

Lokowanie środków funduszy zdefiniowanej daty w ramach części udziałowej portfela przedstawia wykres 6.

**Wykres 6. Lokowanie środków części udziałowej**



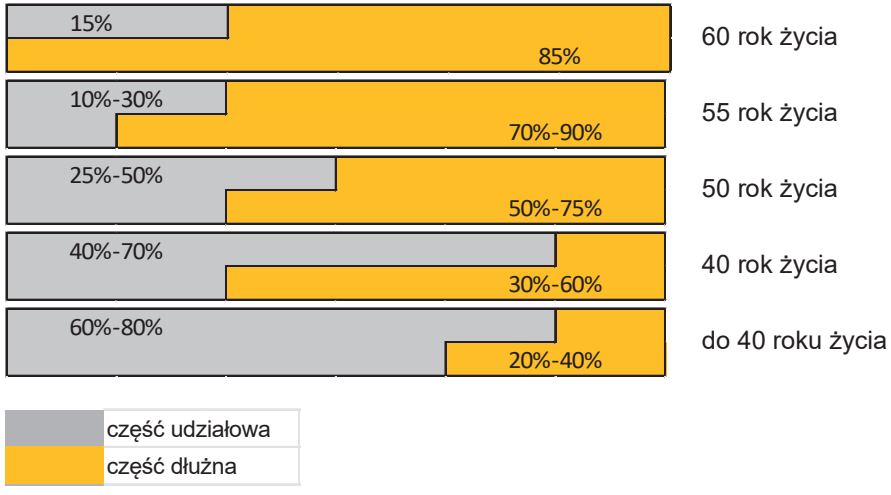

*Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy o pracowniczych planach kapitałowych.*

Uwzględniając konieczność ograniczenia poziomu ryzyka inwestycyjnego w zależności od wieku uczestnika PPK polityka inwestowania FZD zmienia się w czasie odpowiednio do zmiany wieku uczestnika PPK. W taki sposób, że udziały części udziałowej (np. akcje, prawa poboru, prawa do akcji, warranty subskrypcyjne, kwity depozytowe, inne zbywalne papiery wartościowe, instrumenty pochodne, itp.) maleją wraz z wiekiem uczest-

nika, natomiast udziały części dłużnej (np. obligacje, bony skarbowe, listy zastawne, certyfikaty depozytowe, inne zbywalne papiery wartościowe, depozyty bankowe, instrumenty pochodne, itp.) rosną wraz z rosnącym wiekiem użytkownika.

W zależności od wieku uczestnika wartości aktywów funduszu będą się kształtowały w sposób pokazany na wykresie 7.

**Wykres 7. Polityka inwestowania Funduszu Zdefiniowanej Daty**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy o pracowniczych planach kapitałowych.*

Podmiot zatrudniający pracowników zobowiązany jest do zawarcia umowy o zarządzanie PPK i umowy o prowadzenie PPK.

Zgodnie z przepisami prawa pracodawca dokonuje wyboru instytucji finansowej w porozumieniu z zakładową organizacją związkową działającą w tym podmiocie [9]. Jeżeli jednak nie działa zakładowa organizacja związkowa pracodawca może wybrać instytucję finansową w porozumieniu z reprezentacją pracowników. Wyboru instytucji finansowej dokonuje pracodawca na podstawie oceny proponowanych przez instytucje finansowe warunków zarządzania środkami gromadzonymi w PPK, ich efektywności w zarządzaniu aktywami oraz posiadanego przez nie doświadczenia w zarządzaniu funduszami inwestycyjnymi lub funduszami emerytalnymi. Dokonując wyboru instytucji finansowej, powinien wziąć pod uwagę

ich dotychczasowe doświadczenia i wyniki finansowe, kompetencje zespołów zarządzających instytucją finansową i przyjętą przez nie polityką inwestowania. Umowę o prowadzenie PPK należy zawrzeć nie później niż do 10 dnia miesiąca następującego po miesiącu, w którym upłynął termin 3 miesięcy zatrudnienia, chyba że przed tym terminem zatrudniony złoży pisemną deklarację o rezygnacji z dokonywania wpłat do PPK. Administrowanie programem PPK wymaga od podmiotu zatrudniającego dodatkowych nakładów finansowych. Podmiot ten powinien uwzględnić koszty związane z wpłatami do PPK, które finansuje. Spoczywa na nim obowiązek wyboru i zawarcia umowy o prowadzenie i zarządzanie PPK z wybraną przez siebie instytucją finansową. Administrowanie portalem PPK udostępnionym przez instytucję finansową wymaga ustawienia odpowiednich parametrów. Pracodawca ponosi także koszt dostosowania programu kadrowo-płacowego, uwzględniając wpłaty do PPK. Obowiązkiem jego jest ustalenie listy pracowników włączonych do programu PPK. W swoich zobowiązaniach powinien również uwzględnić środki na zapewnienie finansowania wpłat na rachunki PPK pracowników po zawarciu umowy o prowadzenie PPK z instytucją finansową.

Na podmiocie zatrudniającym spoczywa obowiązek informacyjny wobec osób zatrudnionych. Obowiązek ten dotyczy wybranej przez niego instytucji finansowej, z którą ma podpisaną umowę o prowadzenie PPK, natomiast o zasadach oszczędzania w PPK informuje pracowników wybrana instytucja finansowa. Na pracodawcy spoczywa także obowiązek informowania osób między 55 a 70 rokiem życia o możliwości przystąpienia do programu PPK, który może nastąpić wyłącznie na ich wniosek. Pracodawca przypomina pracownikom o składaniu deklaracji w związku z uczestnictwem w programie, nawet jeśli zatrudniony już wcześniej zrezygnował z uczestnictwa. Przypomina także pracownikom o możliwości zadeklarowania wpłaty dodatkowej. Informuje uczestników PPK o obowiązku złożenia w ich imieniu wniosku o wypłatę transferową środków zgromadzonych na rachunku uczestnika PPK w razie wypowiedzenia przez pracodawcę umowy o zarządzanie PPK z instytucją finansową. Na pracodawcy spoczywa także obowiązek prowadzenia i przechowywania dokumentacji związanej z PPK.

Ustawodawca przewidział nałożenie kary na pracodawcę, który nie wybierze w odpowiednim terminie instytucji finansowej zarządzającej PPK. W takiej sytuacji Państwowa Inspekcja Pracy może nałożyć grzywnę w wysokości 1,5% funduszu wynagrodzeń u danego pracodawcy. Tej samej karze podlega ten, kto nie jest pracodawcą, a zawiera umowę na rzecz i w imieniu osoby fizycznej.

Podmiot zatrudniający jest zobowiązany do finansowania wpłat podstawowych do PPK. Wpłata podstawowa: dokonywana przez pracodawcę wynosi 1,5% wynagrodzenia brutto pracownika [10]. Natomiast wpłata podstawowa dokonywana przez pracownika wynosi 2% jego wynagrodzenia brutto. Złożona przez pracownika deklaracja uwzględniana jest od miesiąca następnego po miesiącu, w którym pracownik złożył deklarację. Pracodawca jak i pracownik dokonują wpłat z własnych środków i mogą zdecydować o dokonywaniu wpłat dodatkowych.

Podmiot zatrudniający może zadeklarować w umowie o zarządzanie PPK wpłatę dodatkową jaką będzie finansować na rzecz pracownika w wysokości 2,5% jego wynagrodzenia. Wpłata ta nie ma charakteru obligatoryjnego, co oznacza, że jej finansowanie zależy od woli pracodawcy. Pracownik może zadeklarować wpłatę dodatkową w wysokości 2% swojego wynagrodzenia brutto. Jej dokładną wysokość pracownik samodzielnie określa w deklaracji składanej pracodawcy. Złożona przez pracownika deklaracja uwzględniana jest od miesiąca następnego po miesiącu, w którym pracownik złożył deklarację. Każdy uczestnik PPK otrzymuje wpłatę powitalną w wysokości 250 zł – jest ona jedynie uzależniona od tego, czy dokonano wpłat podstawowych finansowanych przez uczestnika PPK przez okres co najmniej trzech miesięcy. Kwotę tą przekazuje minister właściwy do spraw pracy za pośrednictwem Polskiego Funduszu Rozwoju (PFR), na rachunek uczestnika PPK.

Uczestnik PPK jest uprawniony do otrzymania w danym roku kalendarzowym „dopłaty rocznej" [11] w wysokości 240 zł. Dopłata roczna jest swego rodzaju nagrodą za uczestnictwo w PPK. Przysługuje ona, jeżeli kwota wpłat podstawowych i dodatkowych w danym roku kalendarzowym jest równa co najmniej kwocie wpłat podstawowych od kwoty stanowiącej 6-krotność minimalnego wynagrodzenia w tym roku. Pracodawca, który wdrożył PPK, zobowiązany jest wnosić wpłaty do PPK za osoby zatrudnione. Jednak przewidziane zostały przypadki, w których zostaje zawieszony obowiązek dokonywania wpłat przez pracodawcę. Dotyczy to zarówno wpłat podstawowych jak i dodatkowych. Zawieszenie wpłat będzie możliwe w przypadku trudnej sytuacji pracodawcy związanej z jego niewypłacalnością, w związku z ogłoszeniem upadłości pracodawcy lub wszczęcia wobec niego postępowania upadłościowego. Zawieszenie w odprowadzaniu wpłat do PPK dotyczy także pracodawców w związku z otwarciem postępowania restrukturyzacyjnego oraz takich wobec których oddalono wniosek o ogłoszenie upadłości, w przypadku, gdy jego majątek nie wystarcza lub jedynie wystarcza na zaspokojenie kosz-

tów postępowania. Zawieszenie wpłat obowiązuje również w przypadku stwierdzenia, że majątek dłużnika (pracodawcy) jest obciążony hipoteką, zastawem, zastawem rejestrowym, zastawem skarbowym lub hipoteką morską w takim stopniu, że jego majątek nie wystarcza na zaspokojenie kosztów postępowania. Nie ma przeszkód, aby w tym czasie nie odprowadzać wpłat finansowanych przez pracownika. W tym celu pracownik powinien złożyć deklarację pracodawcy w tym zakresie.

Uczestnik PPK może rozporządzać środkami zgromadzonymi na swoim rachunku PPK, tj. dokonywać polecenia wpłat, wypłat i zwrotu środków. Dyspozycja ta następuje wyłącznie na wniosek złożony w wybranej instytucji finansowej. Środki zgromadzone na rachunku PPK nie podlegają egzekucji sądowej i administracyjnej. Ograniczenia te nie mają zastosowania do egzekucji mającej na celu zaspokojenie roszczeń alimentacyjnych, w tym należności budżetu państwa powstałych z tytułu świadczeń wypłaconych w przypadku bezskuteczności egzekucji alimentów. W przypadku, gdy uczestnik programu zrezygnował z oszczędzania w PPK albo ustało jego zatrudnienie u danego pracodawcy, środki zgromadzone pozostają na rachunku PPK do czasu wypłaty, wypłaty transferowej lub zwrotu.

Uczestnik programu PPK może zarządzać zgromadzonymi środkami na indywidualnym rachunku PPK, dokonując wypłaty transferowej.

Wypłata transferowa w rozumieniu ustawy jest przekazaniem środków zgromadzonych na rachunku uczestnika PPK na inny rachunek tej osoby. Środki mogą być przekazane na inny rachunek PPK uczestnika programu (w każdej firmie pracownik może mieć prowadzony inny rachunek). Po osiągnięciu przez uczestnika programu PPK 60 roku życia środki mogą zostać przekazane na rachunek terminowej lokaty oszczędnościowej lub na rachunek lokaty terminowej uczestnika PPK prowadzony w spółdzielczej kasie oszczędnościowo-kredytowej. W przypadku śmierci uczestnika programu PPK zgromadzone przez niego środki zostaną przekazane na rachunek IKE, PPE małżonka zmarłego uczestnika PPK lub na rachunek IKE, PPE osoby uprawnionej [17]. Wypłata transferowa może zostać dokonana do zakładu ubezpieczeń, który prowadzi działalność ubezpieczeniową lub reasekuracyjną, lub na rachunek lokaty terminowej lokaty oszczędnościowej, lub na rachunek terminowej lokaty małżonka, lub byłego małżonka uczestnika PPK.

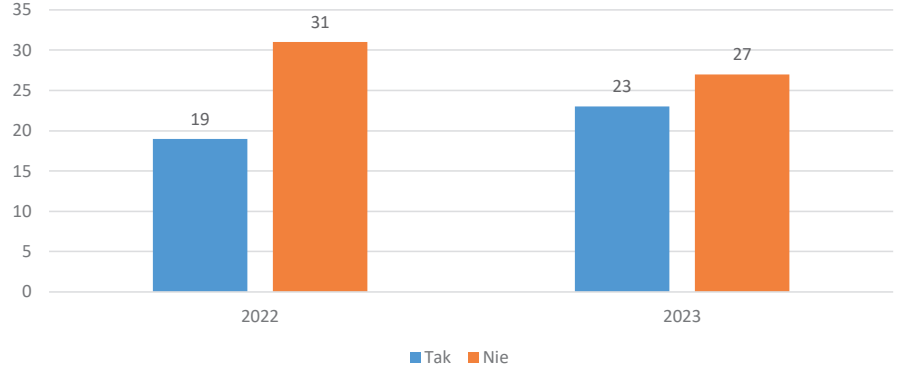
Uczestnik programu PPK może w każdej chwili wycofać zgromadzone przez siebie środki. Zwrot dokonywany jest na wniosek uczestnika PPK, i następuje w formie pieniężnej. Wycofanie środków wiąże się z pewnymi obciążeniami, które są zależne od źródła finansowania wpłat uczestnika PPK.

## OCENA PPK WŚRÓD PRACOWNIKÓW – WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH

W kwietniu 2022 oraz kwietniu 2023 zostały przeprowadzone badania ankietowe na grupie pracowników z Krakowa dotyczące ich uczestnictwa w Pracowniczych Planach Kapitałowych. W każdym przypadku próba badawcza liczyła 50 respondentów. Wśród wylosowanych ankietowanych, w pierwszym roku na przystąpienie do PPK zdecydowało się 19 osób natomiast w drugim analizowanym roku 23 osoby. Kryterium doboru próby badawczej było spełnienie wymogów ustawowych dotyczących wieku respondentów. Dane zostały zaprezentowane na wykresie 8.

Przedstawione dane wskazują, że zainteresowanie Pracowniczymi Planami Kapitałowymi w badanym okresie wzrosło, jednak liczba osób, która przystąpiła do PPK jest relatywnie niska. W pierwszym analizowanym okresie było to 38% ogółu respondentów, natomiast w drugim analizowanym okresie 46% ogółu respondentów. Tendencja wzrostowa uczestników zaobserwowana w prezentowanych badaniach jest zbieżna z danymi Komisji Nadzoru Finansowego. W latach 2021-2022 obserwowany jest dynamiczny wzrost uczestników Pracowniczych Planów Kapitałowych. W roku 2021 było 2 548 000 natomiast w kolejnym już 3 000 000 [7].

**Wykres 8. Deklaracja uczestnictwa w PPK w latach 2023-2024**




*Źródło: opracowanie własne.*

Ankiety dotyczące PPK w Polsce zostały przeprowadzone zarówno wśród respondentów deklarujących przystąpienie do PPK jak i tych, którzy nie zdecydowali się na uczestnictwo w programie. Wyniki badań zostały przedstawione w tabelach 1 i 2.

Podstawowe wnioski z badań wśród osób, które przystąpiły do PPK zostały zaprezentowane w tabeli 1.

**Tabela 1. PPK w opiniach uczestników programu**

| Czynnik / Rok | 2022 | 2023 |
|---|---|---|
| Cel przystąpienia do PPK | Oszczędzanie na emeryturę – 84% badanych | Oszczędzanie na emeryturę – 91% badanych |
| Inne formy oszczędzania na emeryturę | Jedyna forma oszczędzania na emeryturę – 53% badanych | Jedyna forma oszczędzania na emeryturę – 26% badanych |
| Kontynuacja tej formy oszczędzania | Tak – 84% badanych | Tak – 100% badanych |
| Poparcie dla tego typu rządowych programów oszczędnościowych | Tak – 68% badanych | Tak – 87% badanych |
| Zaufanie do zaproponowanego przez rząd oszczędzania | Tak – 21% badanych | Tak 35% – badanych |
| Sytuacja z OFE (przekazanie zgromadzonych środków do ZUS) | Budzi obawy 79% badanych | Budzi obawy 52% badanych |
| Wpływ inflacji na środki zgromadzone w PPK | Tak – 100 % badanych | Tak – 70 % badanych |
| Przekształcenie PPK w inną formę oszczędzania | Budzi obawy – 74% badanych | Budzi obawy – 65% badanych |
| Wpływ na wybór instytucji inwestującej naszymi środkami | Ma wpływ na pozostanie w programie – 47% badanych | Ma wpływ na pozostanie w programie – 53% badanych |
| Wpływ na wybór rodzaju papierów wartościowych, w które inwestowane są nasze środki | Ma wpływ na pozostanie w programie – 47% badanych | Ma wpływ na pozostanie w programie – 53% badanych |

*Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.*

Z informacji zawartych w Tabeli 1 wynika, że podstawowym motywem przystąpienia do PPK w analizowanych latach było oszczędzanie na emeryturę. Respondenci zostali zapytani o to, czy jest to jedyna forma oszczę-

dzania na emeryturę. W 2022 roku aż 53% respondentów potwierdziło ten fakt. Z kolei w 2023 roku jedynie 26% uczestników PPK zadeklarowało, że ten program to jedyna forma oszczędzania na emeryturę. Z danych można wywnioskować, że w społeczeństwie rośnie świadomość konieczności alternatywnego zabezpieczenia emerytalnego. Z przeprowadzonych badań wynika również, że osoby, które zdecydowały się na przystąpienie do PPK, zamierzają program ten kontynuować w przyszłości. 100 % respondentów w 2023 roku zadeklarowało, że pozostanie w programie.

Wśród badanych wzrasta również poparcie dla tego typu programów oszczędnościowych oferowanych przez państwo. Wzrost zaufania do tego typu programów oraz zainteresowanie dodatkową formą oszczędzania na emeryturę potwierdzają odpowiedzi na kolejne pytanie. Respondentów zapytano, czy obawiają się sytuacji podobnej do likwidacji Otwartych Funduszach Emerytalnych, kiedy to środki zgromadzone w OFE zostały po prostu przekazane do ZUS-u. (Jedynie niewielka część środków odprowadzanych z naszych składek jest przekazywana i zarządzana przez OFE, oczywiście w przypadku, gdy osoba pracująca zdecydowała się na takie rozwiązanie). W 2022 roku obawy przed podobnym rozwiązaniem zgłaszało blisko 80% badanych, natomiast w 2023 roku 52%. Ankietowani obawiają się również niekorzystnego wpływu inflacji na zgromadzone środki oraz możliwość przekształcenia tej formy oszczędzania w inną. Dla 47% w 2022 roku oraz 53% w 2023 roku na pozostanie w programie ma wpływ możliwość decydowania, jaka instytucja finansowa i w jakie aktywa lokuje gromadzone środki.

**Tabela 2. PPK w opiniach pracowników, którzy nie brali udziału w programie**

| Czynnik / Rok | 2022 | 2023 |
|---|---|---|
| Możliwość przystąpienia do programu emerytalnego PPE, IKZP, IKP | Tak – 29% badanych | Tak – 19% badanych |
| Inne formy oszczędzania na emeryturę | Tak – 52% badanych | Tak – 70% badanych |
| Przystąpienie do PPK ewentualnie po 4 letnim okresie ochronnym | Tak – 10% | Tak – 22% badanych |
| Poparcie dla tego typu rządowych programów oszczędnościowych | Tak – 32% badanych | Tak – 4% |

| | | |
|---|---|---|
| Sytuacja z OFE (przekazanie zgromadzonych środków do ZUS) | Wpłynęło na brak decyzji o przystąpieniu do PPK 55% badanych | Wpłynęło na brak decyzji o przystąpieniu do PPK 56% badanych |
| Wpływ inflacji na nieprzystąpienie do PPK | Tak, wpłynęło na rezygnację z przystąpienia do PPK – 7% badanych | Tak, wpłynęło na rezygnację z przystąpienia do PPK – 44% badanych |
| Wpływ możliwości przekształcenia PPK w inną formę oszczędzania | Miało wpływ na nieprzystąpienie do programu 32 % badanych | Miało wpływ na nieprzystąpienie do programu 44% badanych |
| Wpływ na wybór instytucji inwestującej naszymi środkami | Ma wpływ na przystąpienie do PPK – 84% badanych | Ma wpływ na przystąpienie do PPK – 81% badanych |
| Wpływ na wybór rodzaju papierów wartościowych, w które inwestowane są nasze środki | Ma wpływ na przystąpienie do PPK – 87% badanych | Ma wpływ na przystąpienie do PPK – 85 % badanych |

*Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.*

Badania ankietowe zostały przeprowadzone na dwóch grupach respondentów, tych którzy przystąpili do PPK oraz tych, którzy z programu zrezygnowali. Odpowiedzi pracowników, którzy nie są uczestnikami PPK zostały zebrane w Tabeli 2. Z danych wynika, że osoby, które nie zdecydowały się na przystąpienie do PPK nie planują również przystąpić do innych programów emerytalnych, co więcej liczba osób liczba osób zainteresowanych takimi programami (alternatywnymi do PPK) jest mała i na przestrzeni roku znacznie spadła 10 punktów procentowych. Jednocześnie o 12 p.p. wzrosła liczba osób zainteresowanych pracowniczymi planami kapitałowymi. Znaczna ilość respondentów deklaruje, że w inny sposób oszczędza na emeryturę. Odsetek osób deklarujących, że oszczędzają na emeryturę wzrósł z 52% w 2022 do 70% w 2023 roku. Generalnie wśród osób, które do PPK nie przystąpiły nie ma poparcia dla tego typu programów rządowych. Wynika to zapewne z tego, że w inny sposób oszczędzają na emeryturę. Na słabe zainteresowanie programami emerytalnymi proponowanymi przez państwo w tej grupie w dużym stopniu miała historia OFE, które w obecnym systemie emerytalnym odgrywa tak naprawdę mało znaczącą rolę. Negatywne skojarzenia z OFE aż w 56 % przypadków zdecydowało o braku przystąpienia do PPK Wzrost inflacji oraz możliwość przekształcenia oszczędności zgromadzonych w PPK w inny program emerytalny to kolejne czynniki, które negatywnie wpływają na

decyzję o przystąpieniu do programu. Wśród osób, które nie przystąpiły do PPK ważnym elementem jest kwestia możliwości wpływu na wybór instytucji finansującej oraz instrumenty finansowe, w które lokowane są oszczędności.

## PODSUMOWANIE

Dla zwiększenia bezpieczeństwa zabezpieczenia emerytalnego każdy z nas powinien dywersyfikować źródła przyszłych dochodów. Powszechny system emerytalny jaki obowiązuje w naszym kraju nie jest gwarantem zapewnienia godnego życia na emeryturze. Zaprezentowane w pracy alternatywne sposoby oszczędzania na emeryturę pokazują szereg możliwości jakie dają nam różnego rodzaju instytucje finansowe. Niestety badania przeprowadzone przez IPSOS w kwietniu 2022 roku pokazują, że ponad połowa Polaków 56% nie oszczędza na emeryturę [8]. Przeprowadzone przez Autorów badania zdają się potwierdzać ten niekorzystny obraz. Zainteresowanie Pracowniczymi Planami Kapitałowymi wśród respondentów jest niewielkie. Nie wzbudzają specjalnego zainteresowania również inne programy emerytalne proponowane przez rząd. W znacznym stopniu przyczyną takiego stanu rzeczy może być historia Otwartych Funduszy Emerytalnych w Polsce, których rola decyzją poprzednich rządów, została zmarginalizowana. Znaczna część respondentów deklaruje, że oszczędza na emeryturę, jednak robi to we własnym zakresie z pominięciem programów i form proponowanych przez Państwo. Może zachęty ze strony Państwa w postaci szerszej gamy ulg podatkowych byłyby czynnikiem pobudzającym programy oszczędnościowe w naszym kraju. Niewątpliwie jest to problem, nad którym należałoby się pochylić, gdyż w przyszłości nie będziemy mieć po prostu za co żyć.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chełchowski A., Góra M., Rozłucki W., *Nowy System Emerytalny w Polsce – wpływ na krótko i długoterminowe perspektywy gospodarki i rynków finansowych*, Zeszyty BRE Bank CASE, Warszawa 2001, s.5.
2. Cycoń M., Filiczkowska J. Jedynak T., *Pracownicze plany kapitałowe jako element systemu emerytalnego w Polsce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2022, s. 34-36.

3. Czerwińska T., Nowak A.Z., (red.) *Rynek kapitałowy – oszczędności i inwestycje*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania UW, Warszawa 2019, s.130.
4. Dekret z dnia 8 stycznia 1946 r. o zmianie i uzupełnieniu ustawy z dnia 28 marca 1933 r. o ubezpieczeniu społecznym. (Dz.U. 1946 nr 4 poz. 28).
5. https://www.timsa.pl/stopa-zastapienia-w-polsce-do-2060-roku-co-to-jest-i-jak-oszczedzac-na-emeryture/ [data pobrania 03.05.2024].
6. https://www.infor.pl/prawo/nowosci-prawne/3001420,W-2060-r-emerytura-na-poziomie-25-ostatniej-pensji.html [data pobrania 03.05.2024]
7. https://www.knf.gov.pl/knf/pl/komponenty/img/Informacja_o_stanie_rynku_emerytalnego_w_Polsce_na_koniec_2022_r_83313.pdf [Raport o stanie rynku emerytalnego w Polsce, Urząd Komisji Nadzoru Finansowego, Warszawa 2023[data pobrania 03.05.2024].
8. https://bank.pl/wiecej-niz-polowa-polakow-nie-oszczedza-na-emeryture-poza-systemem-zus/ [data pobrania 03.05.2024].
9. Jackiewicz A., Małkowska D., *Kadry i płace 2022*, ODDK, Gdańsk 2022, s. 197-198.
10. Nowacka I., *Wynagrodzenia 2022 – Rozliczenia płac w praktyce, Polski Ład*, INFOR 2021, s. 100.
11. Olędzka A., *Pracownicze Plany Kapitałowe – obowiązki pracodawcy*, INFOR, 2022, s. 68-70.
12. Owsiak S., *Finanse*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2015, s. 550.
13. Ustawa z dnia 28 marca 1933 roku o ubezpieczeniu społecznym (Dz.U. 1933, nr 51 poz. 396).
14. Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o indywidualnych kontach emerytalnych oraz indywidualnych kontach zabezpieczenia emerytalnego (Dz. U. z 2022 r., poz. 1792).
15. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. z 2020 r. poz. 1320: ze zmianą w Dz.U. z 2021 r., poz. 1162).
16. Ustawa z dnia 6 marca 2018 r. Prawo przedsiębiorców (Dz.U. 2021 r., poz. 162).
17. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. – Prawo bankowe (Dz.U. z 2021 r., poz. 2439).

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 79-94
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Iwona Lupa-Wójcik**
dr,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: iwona.lupa-wojcik@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1673-7077

**Wojciech Żywolt**
mgr,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: wzywolt@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6658-3841

# WYBRANE TECHNIKI I NARZĘDZIA PROMOCJI MARKI W MEDIACH SPOŁECZNOŚCIOWYCH

## SELECTED TECHNIQUES AND TOOLS FOR BRAND PROMOTION IN SOCIAL MEDIA

***Słowa kluczowe:*** *media społecznościowe, promocja, narzędzia promocji, techniki promocji*
***Key words:*** *social media, promotion, promotion tools, promotion technics*

**JEL Classification:** M3, M31

## Streszczenie

Marki obecnie poszukują skutecznych technik i narzędzi promocji w social media. Istnieją w tym zakresie pewne sprawdzone rozwiązania, które z powodzeniem stosują w swoich strategiach komunikacji najpopularniejsze marki. Celem artykułu jest prezentacja pięciu skutecznych technik i pięciu narzędzi, które można wykorzystać do promocji marki w mediach społecznościowych. Dobór tych technik i narzędzi został przeprowadzony w oparciu o najlepsze praktyki promocji marek w mediach społecznościo-

wych. Jako metodę badawczą zastosowano case study wybranych marek. Analiza pokazała, że stosując wskazane techniki i narzędzia komunikacji marki w mediach społecznościowych, można osiągnąć wymierne rezultaty w postaci zwiększenia zasięgu i zaangażowania użytkowników tych mediów wokół marki.

**Abstract**
Brands are currently looking for effective techniques and tools for promotion in social media. There are some proven solutions in this area that the most popular brands successfully use in their communication strategies. The aim of the article is to present five effective techniques and five tools that can be used to promote a brand on social media. The selection of these techniques and tools was based on the best practices of brand promotion in social media. Case studies of selected brands were used as a research method. The analysis showed that by using the indicated techniques and tools of brand communication in social media, it is possible to achieve measurable results in the form of increasing the reach and involvement of users of these media around the brand.

## WSTĘP

Media społecznościowe stanowią coraz częściej główne kanały promocji dla wielu przedsiębiorstw. Na tych platformach możliwe jest prowadzenie zróżnicowanych działań promocyjnych z wykorzystaniem wielu technik i narzędzi. Ich znajomość jest szczególnie istotna dla marek, które poszukują skutecznych rozwiązań pozwalających na zdobycie odpowiedniego zasięgu i zaangażowania odbiorców.

Celem artykułu jest prezentacja pięciu skutecznych technik i pięciu narzędzi, które można wykorzystać do promocji marki w mediach społecznościowych. Dobór tych technik i narzędzi został przeprowadzony w oparciu o najlepsze praktyki promocji marek w mediach społecznościowych.

Artykuł został podzielony na trzy części. W pierwszej z nich przedstawiono formy promocji w mediach społecznościowych w świetle literatury przedmiotu. W części drugiej omówiono wybrane techniki promocji marki w mediach społecznościowych wraz z zaprezentowaniem najlepszych praktyk. Ostatnia część – omówiona w części drugiej – stanowi prezentację narzędzi, które ułatwiają stosowanie technik promocji.

## FORMY PROMOCJI W MEDIACH SPOŁECZNOŚCIOWYCH

Media społecznościowe (ang. *social media*) są różnie definiowane w literaturze przedmiotu. Najczęściej cytowana jest definicja sformułowana przez A.M. Kaplana i M. Haenleina w 2010 roku, zgodnie z którą pod tym pojęciem rozumie się grupę aplikacji bazującą na sieci internetowej, zbudowaną na społecznościowych i technologicznych podstawach ery Web 2.0., pozwalającą na tworzenie i wymianę treści tworzonych przez użytkowników[1]. Większość przedstawionych definicji kładzie nacisk na dwa wymiary mediów społecznościowych[2]:

– wymiar technologiczny (funkcjonowanie mediów społecznościowych odbywa się tylko i wyłącznie przy wykorzystaniu łącza internetowego i urządzeń, pozwalających na komunikację za jego pośrednictwem)[3],
– wymiar społecznościowy (wiąże się z interakcjami, jakie zachodzą pomiędzy użytkownikami sieci internetowej, tworzą się pewne sieci kontaktów, grupy społecznościowe o określonej charakterystyce; wszystkie przesyłane treści podlegają społecznej kontroli i mogą one być wykorzystane na dowolną skalę)[4].

Można wyróżnić wiele rodzajów mediów społecznościowych. Biorąc pod uwagę takie cechy jak: złożoność medium, zasięg społeczny, a także aspekty społeczne, można wskazać sześć ich rodzajów: projekty współdzielone, (np. Wikipedia), blogi oraz mikroblogi, (np. Twitter), społeczności konwentowe, (np. YouTube), serwisy lub aplikacje społecznościowe, (np. Facebook), światy wirtualne jak (np. Second Life), czy też światy gier wirtualnych jak (np. Guild Wars)[5].

W związku z dużą popularnością mediów społecznościowych wśród użytkowników w Polsce (69% populacji naszego kraju, tj. 27,9 mln, to użyt-

---

1) A.M. Kaplan, M. Haenlein, Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. BusinessHorizons, 2010, nr 53, s. 59-68.
2) A. Albuquerque, R. Costa, Terminology as a Sense Making Social Tool, Proceedings of the 2nd European Conference on Social Media ECSM 2015, red. A. Mesquita, P. Peres, 9-10 lipca 2015, s. 13.
3) Zob. D.B.Thomas, M. Barlow, Enterprise Social Media Strategy. How Social Networks Are Radically Transforming Your Business, Wyd. Wiley, New York 2011, s. 1 za: Ibidem.
4) Zob. np. D. Kaznowski, Social media – społeczny wymiar Internetu [w:] E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy, red. J. Królewski, P. Sala, op.cit., s. 77 za: Ibidem.
5) A.M. Kaplan, M, Haenlein, Users of the world, unite…, op.cit., s. 59–68.

kownicy mediów społecznościowych wg danych na styczeń 2024 r.[6]), są one wykorzystywane na szeroką skalę w działalności promocyjnej marek. W tym zakresie zgodnie z klasyczną koncepcją warto wskazać na cztery podstawowe formy promocji (komunikacji marketingowej)[7]. Są to[8]:

- reklama w mediach społecznościowych, czyli tzw. social media ads (generowanie zasięgu płatnego w postaci np. postów sponsorowanych w różnych serwisach społecznościowych),
- promocja sprzedaży (oferowanie np. rodzaju gratisów, bonusów, organizowanie konkursów w mediach społecznościowych),
- promocja bezpośrednia (marka za pośrednictwem mediów społecznościowych może bezpośrednio dotrzeć do obecnych lub potencjalnych klientów i oferować im różne produkty),
- public relations (PR) (budowanie społecznego zaufania przez markę w mediach społecznościowych poprzez np. organizację kampanii społecznych, a także ochrona wizerunku marki lub odbudowa tego wizerunku w związku z kryzysami w mediach społecznościowych).

W ramach poszczególnych form promocji marki mogą stosować różnego rodzaju techniki i narzędzia.

## WYBRANE TECHNIKI PROMOCJI MARKI W MEDIACH SPOŁECZNOŚCIOWYCH

W oparciu o najlepsze praktyki można wyróżnić kilka technik promocji marki w mediach społecznościowych. Należą do nich m.in.: skojarzenia, storytelling, wartość praktyczna, wartość rozrywkowa i real-time-marketing.

Technika skojarzeń jest często wykorzystywana w marketingu. Nic zatem dziwnego, że w mediach społecznościowych znalazła szerokie zastosowanie. Jeśli skojarzenia z marką są silne, ważne i pozytywne, stanowią one jej zdecydowany wyróżnik na tle konkurencji. Odbiorca postrzega ją jako niepodobną do innych marek[9]. W mediach społecznościowych można kreować wśród użytkowników skojarzenia odwołujące się m.in. do: sy-

---

[6] Digital 2024: Poland, We Are Social i Meltwater, https://datareportal.com/reports/digital-2024-poland, s. 57 (24.02.2024).

[7] Zob. J.W. Wiktor, Komunikacja marketingowa [w:] Podstawy marketingu, red. A. Czubała, PWE, Warszawa 2012, s. 200-220.

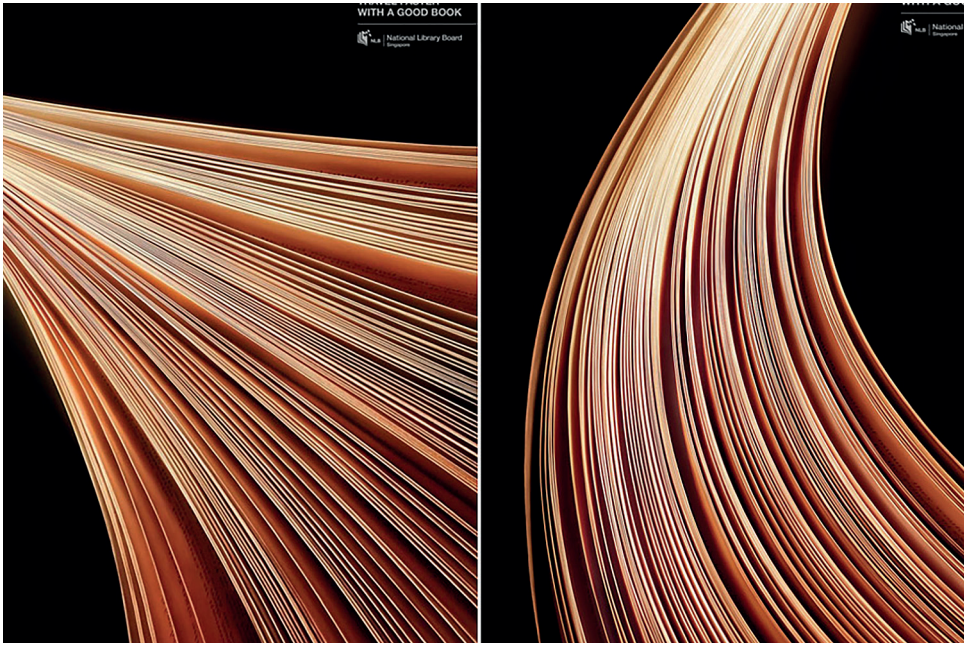
[8] I. Lupa-Wójcik, Social media strategicznie. Wprowadzenie, Wyd. Sohia Bauty, Katowice 2018, s. 87-88.

[9] J. Kall, R. Kłeczek, A. Sagan, Zarządzanie marką, Warszawa 2013, s. 25.

tuacji zakupu lub użycia produktu, typu użytkownika (np. produkt jest popularny wśród określonej grupy osób ze względu na wiek, płeć, miejsce zamieszkania, itd. – np. Frugo to napój dla przebojowych nastolatek), czy doświadczeń (np. kampanie sensoryczne marki Milka promujące delikatność czekolady rozpływającej się w ustach)[10].

Przykładem kampanii wykorzystującej skojarzenia jest „Travel faster with a good book" zrealizowana przez National Library Board w Singapurze (rys. 1). Sugeruje ona sytuację, w jakiej warto używać produkt biblioteki, czyli książkę. W myśl tej kampanii czytanie książki w czasie podróży może spowodować, że podróż upłynie dużo szybciej.

**Rys. 1. Kampania „Travel faster with a good book" National Library Board w Singapurze**




*Źródło: Travel faster, Illusion, https://www.illusion.co.th/travel-faster (16.02.2024).*

Drugą omawianą techniką jest storytelling, czyli opowiadanie historii – jedna z najpopularniejszych technik stosowanych w marketingu[11]. Z kolei

[10] Więcej o odwołaniach w skojarzeniach zob. Ibidem, s. 19-23.
[11] Zob. K. Fog, Ch. Budtz, B. Yakaboylu, Storytelling, Springer, Berlin 2005.

czytanie nowych historii to jeden z głównych powodów korzystania z mediów społecznościowych przez Polaków[12]. Historie budują zaufanie. Im więcej zawierają detali, tym wydają się bardziej prawdopodobne. W mediach społecznościowych storytelling może przybierać różną formę. Na szczególne uznanie w stosowaniu tej techniki zasługuje marka Allegro. Na swoim kanale w serwisie YouTube nie tylko opublikowała wiele świątecznych kampanii, stanowiących odrębne historie łapiące za serce przeciętnego użytkownika social media, ale też przykładowo serię „Legendy Polskie" nawiązującą do polskiej legendy o Twardowskim[13].

W mediach społecznościowych użytkownicy poszukują również pomysłów i inspiracji[14]. Marki mogą się wyróżnić w mediach społecznościowych poprzez zaoferowanie swoim odbiorcom określonej wartości praktycznej. Mogą to być różnego rodzaju porady, tutoriale, DIY (*Do-It-Yourself*), i inne. Przykładem jest marka Nivea, która na swoim kanale w serwisie YouTube zamieszcza playlisty m.in. „DIY – sposoby na odświeżenie stylu", czy „Jak dbać o skórę, ciało i włosy? Porady od ekspertów NIVEA"[15].

Wartość rozrywkowa to kolejna kategoria pożądana przez użytkowników mediów społecznościowych w Polsce[16]. Marki starają się na wiele sposobów bawić swoich odbiorców, np. organizując zabawy, konkursy, quizy, nawiązując do śmiesznych sytuacji, prowokując, ironizując, stosując gry słowne, itp. Przykładem jest post opublikowany na profilu Poczty Polskiej na Facebooku (Rys. 2). Marka przekazując wartość rozrywkową w postaci labiryntu, w którym należy odnaleźć drogę kuriera, stara się budować pozytywny wizerunek.

[12] Digital World Report Poland 2023, We are social, https://datareportal.com/reports/digital-2023-poland (16.02.2024).
[13] Allegro, YouTube, https://www.youtube.com/@allegro (16.02.2024).
[14] Digital 2024: Poland, We Are Social i Meltwater, https://datareportal.com/reports/digital-2024-poland s. 59 (24.02.2024).
[15] Nivea, YouTube, https://www.youtube.com/@NIVEAPolskaSpzoo/playlists (16.02.2024).
[16] Digital 2024: Poland, We Are Social i Meltwater, op.cit.

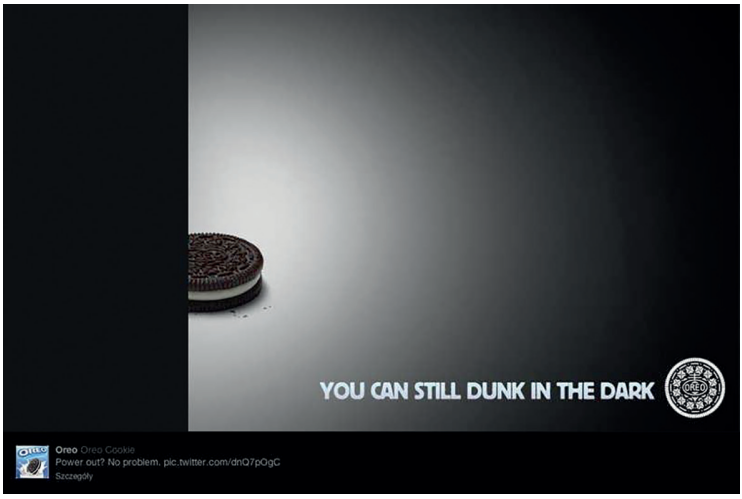
**Rys. 2. Post Poczty Polskiej na Facebooku**


*Źródło: Poczta Polska, Facebook, https://www.facebook.com/pocztapolska (16.02.2024).*

Real-time-marketing w literaturze przedmiotu definiowany jest jako część strategii biznesowej polegającej na systematycznym, wielokanałowym angażowaniu odbiorców w oparciu o spostrzeżenia w czasie rzeczywistym[17]. W Polsce w branży marketingowej często rozumiany jest jako działania marketingowe głównie w mediach społecznościowych, polegające na stosunkowo szybkiej reakcji marki na różnego rodzaju aktualne wydarzenia społeczne, polityczne, czy gospodarcze. Technika ta jest dość popularna wśród wielu marek i zastosowana w sposób kreatywny w szybkim czasie może przynieść bardzo dobre efekty w postaci dużych zasięgów i zaangażowania odbiorców w mediach społecznościowych. Szczególnym przykładem zastosowania tej techniki jest marka Oreo, która w czasie Super Bowl – najważniejszego wydarzenia sportowego w USA – podczas kilkuminutowej przerwy w meczu spowodowanej wyłączeniem prądu, opublikowała post na Twitterze (obecnie X) nawiązujący do tej sytuacji (Rys. 3).

[17] GolinHarris, Research: The Impact of Real-Time Marketing, http://www.golinharris.com/#!/insights/real-timemarketing-research (16.02.2024).

**Rys. 3. Post Oreo na Twitterze podczas Super Bowl**




*Źródło: Oreo, Twitter(X), https://twitter.com/Oreo/status/298246571718483968 (16.02.2024).*

Hasło przewodnie marki „You can still dunk in the dark" nawołuje odbiorców do wykorzystania chwili, kiedy zabrakło prądu, do skonsumowania ciastka Oreo, maczając go w mleku (w ten sposób marka pozycjonuje się w USA). W ciągu pierwszej godziny marka uzyskała ponad 10 tys. retweetów, 18 tys. polubień i 5 tys. udostępnień. O akcji wspomniano w mediach w około 100 krajach świata. Łącznie przyniosła ok. 525 mln reakcji[18].

## WYBRANE NARZĘDZIA PROMOCJI MARKI W SOCIAL MEDIA

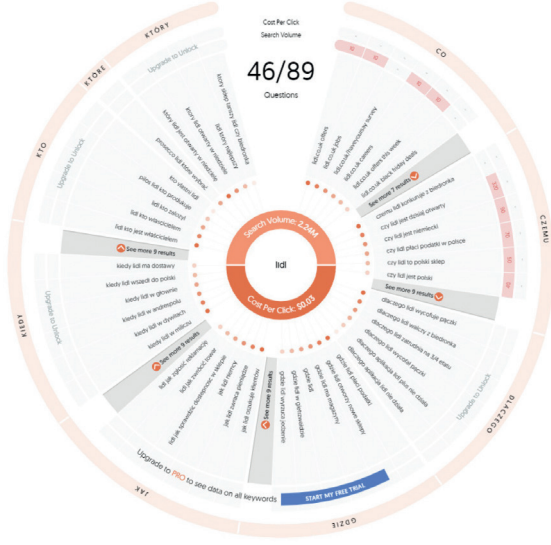
Wskazane powyżej techniki promocji marek w mediach społecznościowych warto wzbogacić o narzędzia, za pomocą których uda osiągnąć się zamierzone efekty oraz realizować kluczowe wskaźniki efektywności (KPI, *Key Performance Indicators*) zgodne z przyjętą strategią marketingową. Poniżej omówiono wybrane narzędzia, odpowiadające przedstawionym powyżej technikom: narzędzie SEO (odpowiednie do wykorzystania przy technice skojarzeń), narzędzie do optymalizacji contentu (przydatne do storytellin-

[18] L. Morejon, Oreo Super Bowl Blackout Tweet – Social Media Marketing Case Study – Leo Morejon, https://www.youtube.com/watch?v=gDnrT75GT_I (26.02.2024).

gu), serwis z plikami wideo (umożliwiający przekazanie wartości praktycznej), narzędzie do tworzenia materiałów graficznych oraz wideo (ułatwiające stworzenie wartości rozrywkowej), a także narzędzie do analizy i monitoringu sieci (szczególnie ważne w stosowaniu techniki real-time marketingu).

Pierwszym jest narzędzie SEO – Answer The Public. To darmowa aplikacja online, która pomaga w doborze słów kluczowych i późniejszej optymalizacji treści. Dzięki niej odnajdywane są frazy kojarzone z daną marką, aby tworzyć posty w mediach społecznościowych, artykuły na firmowego bloga czy materiały na strony internetowe. Narzędzie generuje wizualizacje na podstawie skojarzeń do wyszukiwanego słowa w oparciu o pytania, które są zadawane przez użytkowników Internetu. Answer The Public bazuje na takich wyszukiwarkach (jak Google, Bing, YouTube czy Amazon w 20 językach świata), m.in. angielski, niemiecki, czy polski[19]. Wizualizacja na Rys. 4 przedstawia najczęściej zadawane pytania i skojarzenia dotyczące słowa Lidl. Aplikacja gromadzi wyszukiwane frazy oraz liczbę wyszukiwań (Search Volume), czyli średnią miesięczną liczbę wyszukiwań danego słowa kluczowego.

**Rys. 4. Najczęściej zadawane pytania nt. Lidla w Answer The Public**

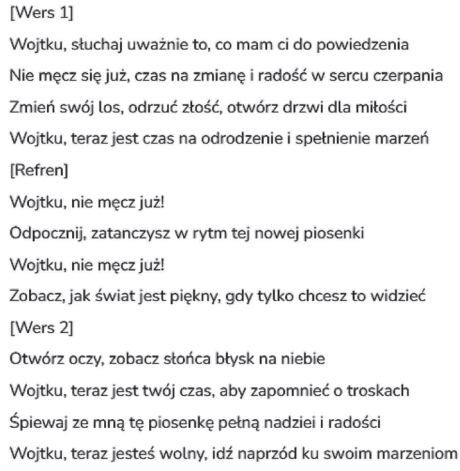



*Źródło: Answer The Public, https://answerthepublic.com/pdenrw/reports/51881228-cc1d-48cb-8b1f--10e41f1ac559/edit?recently_searched=true (24.02.2024).*

[19] NP Digital, Answer The Public FAQs, https://answerthepublic.com/ (24.02.2024).

Jak wcześniej opisano, działania marketingowe, w tym content marketingowe[20], opierają się o opowiadanie historii, czyli storytelling. Jednym z przydatnych narzędzi, które pomaga w generowaniu oraz optymalizacji treści, jest Rytr.me. To wirtualny asystent pisania oparty o AI, pomagający w tworzeniu wysokiej jakości treści[21], m.in. poematy, wpisy blogowe, pomysły na posty w mediach społecznościowych, fabułę czy piosenki (Rys. 5).

**Rys. 5. Słowa piosenki wygenerowane przez Rytr.me**


[Wers 1]
Wojtku, słuchaj uważnie to, co mam ci do powiedzenia
Nie męcz się już, czas na zmianę i radość w sercu czerpania
Zmień swój los, odrzuć złość, otwórz drzwi dla miłości
Wojtku, teraz jest czas na odrodzenie i spełnienie marzeń
[Refren]
Wojtku, nie męcz już!
Odpocznij, zatanczysz w rytm tej nowej piosenki
Wojtku, nie męcz już!
Zobacz, jak świat jest piękny, gdy tylko chcesz to widzieć
[Wers 2]
Otwórz oczy, zobacz słońca błysk na niebie
Wojtku, teraz jest twój czas, aby zapomnieć o troskach
Śpiewaj ze mną tę piosenkę pełną nadziei i radości
Wojtku, teraz jesteś wolny, idź naprzód ku swoim marzeniom

*Źródło: Rytr.me, https://rytr.me/ (24.02.2024)*

Kolejnym narzędziem promocyjnym jest serwis z plikami wideo. Blisko 30% polskich użytkowników social media poszukują w nich inspiracji do robienia rzeczy oraz ich kupowania[22]. Media społecznościowe stały się cennym źródłem, w którym internauci znajdują wideo tutoriale, czy transmisje na żywo (*live streaming*). Platformą, na której prezentowane są krótkie filmy wzbogacone o wiedzę, jak należy coś zrobić, jest YouTube oraz kanały twórców. Przykładem jest influencerka kulinarna Healthy Omnomnom[23], która

[20] M. Stokowski, Content Marketing w teorii i praktyce. Na czym polega marketing treści?, https://www.whitepress.com/pl/baza-wiedzy/59/content-marketing-definicja (24.02.2024).
[21] Rytr LLC, About us, https://rytr.me/about/ (24.02.2024).
[22] Digital 2024: Poland, op.cit.
[23] Kanał Healthy Omnomnom na YouTube, https://www.youtube.com/c/HealthyOmnomnom (24.02.2024).

przekonuje do zdrowego odżywiania oraz przedstawia w serwisie swoje autorskie przepisy.

OpenAI jest organizacją zajmującą się badaniami oraz wdrażaniem rozwiązań opartych o sztuczną inteligencję[24]. Firma stworzyła kompleksowe narzędzia do tworzenia materiałów graficznych oraz wideo, które wykorzystują model uczenia maszynowego, generujący grafiki oraz wideo na podstawie tekstu. DALL-E 2 tworzy rysunki, a SORA klipy wideo. Obecnie, w przypadku SORA, trwają beta testy, a aplikacja „będzie w stanie przetworzyć tekst na wideo, które może składać się ze złożonych scen z kilkoma postaciami"[25]. W 2023 roku województwo podlaskie wraz z agencją White Bits zrealizowało kampanię społecznościową #wPodlaskiemJeżdżęzKaskiem, a „grafiki z galerią zwierzęcych ambasadorów akcji pomogła wygenerować sztuczna inteligencja"[26]. W materiałach graficznych zastosowano gry słowne (np. „kask na bezpieczne dROGI" – wyraz rogi w słowie drogi, nawiązujące do trasy rowerowej), stanowiące dodatkową wartość rozrywkową. Grafiki opublikowano m.in. na Facebooku (Rys. 6).

**Rys. 6. Grafika promująca kampanię W Podlaskiem jeżdżę z kaskiem**


*Źródło: White Bits, https://whitebits.pl/kampania-w-podlaskiem-jezdze-z-kaskiem/ (25.02.2024).*

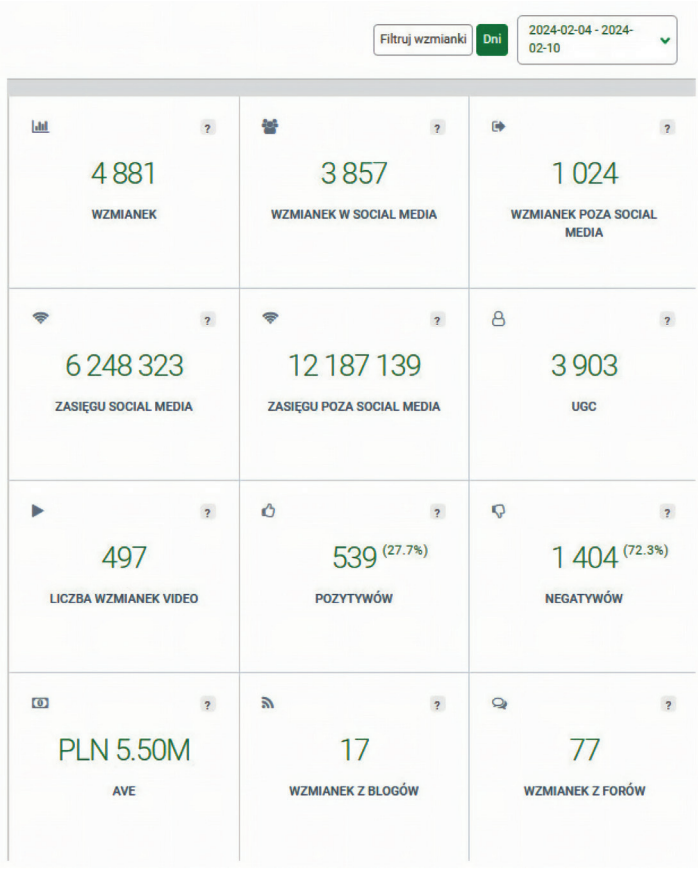
[24] OpenAI, About, https://openai.com/about (25.02.2024).
[25] OpenAI, Sora, https://openai.com/sora (25.02.2024).
[26] White Bits, Broń bobrze bez kasku! Nagradzana kampania White Bits x Podlaskie – Kampania społeczna z wykorzystaniem AI, https://whitebits.pl/kampania-w-podlaskiem-jezdze-z-kaskiem/ (25.02.2024).

Ostatnim narzędziem jest Brand24, służące do analizy i monitoringu sieci. Posiada ono zbliżone działanie do wyszukiwarek internetowych i świadczy usługi, za pomocą których można monitorować oraz analizować Internet i social media. Narzędzie tworzy zestawienia, raporty i analizy oparte o wyniki monitoringu sieci oraz jednocześnie gromadzi wzmianki publiczne o różnych tematach, markach czy produktach[27]. Dzięki Brand24 można mierzyć zasięg organiczny postów oraz treści, m.in. wcześniej opisanych RTMów. Przykładem może być Biedronka oraz Lidl i ich reklamy porównawcze z 2024. W dn. 04.02.2024 roku Biedronka wysłała SMSy o treści „W poniedziałek 5.02 w Biedronce papier toaletowy Queen 40 rolek 25,99 zł/opak, a w Lidlu o 11% drożej niż w Biedronce (...)"[28]. Wiele marek opublikowało w mediach społecznościowych kreacje nawiązujące do rozesłanych wiadomości. Dzięki takim działaniom, Biedronka uzyskała 6 248 323 zasięgu w mediach społecznościowych (w tym 3 857 wzmianek o firmie) oraz 12 187 139 zasięgu poza social mediami (w tym 1 024 wzmianek), które zostały zarejestrowane przez narzędzie (dane za okres 04-10.02.2024, Rys. 7).

[27] D. Baradziej, W jaki sposób Brand24 zbiera publiczne wzmianki?, https://pomoc.brand24.pl/pl/articles/3385173-w-jaki-sposob-brand24-zbiera-publiczne-wzmianki (25.02.2024).

[28] Marketing przy Kawie, „SMS-y dostaję tylko od męża i mamusi" – Lidl odpowiedział na SMS Biedronki, https://marketingprzykawie.pl/espresso/sms-y-dostaje-tylko-od-meza-i-mamusi-lidl-odpowiedzial-na-sms-biedronki/ (25.02.2024).

**Rys. 7. Zasięg wpisów o marce Biedronka w Brand24**




*Źródło: Brand24, https://brand24.pl/ (25.02.2024).*

## ZAKOŃCZENIE

Istnieje wiele skutecznych technik i narzędzi promocji marki w social media. W artykule wskazano wybrane, które stosują z powodzeniem najpopularniejsze marki. Pierwszą jest technika skojarzeń. Ta technika stosowana w połączeniu z narzędziem SEO jak np. Answer The Public, może przynieść relatywnie duże korzyści w postaci budowania zapamiętywalności i rozpoznawalności marki. Druga technika – storytel-

ling, wsparta narzędziem do optymalizacji contentu, takim jak Rytr.me, może pomóc w budowaniu określonej historii wokół marki, co wspiera proces budowy społeczności wokół niej. Wartość praktyczna jako trzecia technika z wykorzystaniem narzędzia w postaci serwisu z plikami wideo, takim jak YouTube, pozwala budować określone relacje z użytkownikami. Wartość rozrywkowa wsparta narzędziem AI do tworzenia materiałów graficznych i wideo, jak np. DALL-E czy SORA również pomaga w kreowaniu określonego wizerunku. Real-Time-Marketing jako ostatnia omówiona technika w połączeniu z narzędziem do analizy i monitorowania sieci pozwala w szybkim czasie wygenerować duże zasięgi i zaangażowanie użytkowników mediów społecznościowych i zyskać ich sympatię.

## LITERATURA

1. Albuquerque A., Costa R., *Terminology as a Sense Making Social Tool, Proceedings of the 2nd European Conference on Social Media ECSM 2015*, red. A. Mesquita, P. Peres, 9-10 lipca 2015.
2. *E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy*, red. J. Królewski, P. Sala, Warszawa 2014.
3. Fog K., Budtz Ch., Yakaboylu B., *Storytelling*, Springer, Berlin 2005.
4. Kall J., Kłeczek R., Sagan A., *Zarządzanie marką*, Warszawa 2013.
5. Kaplan A.M., Haenlein M., *Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media.* Business Horizons, 2010, nr 53.
6. Lupa-Wójcik I., *Social media strategicznie.* Wprowadzenie, Wyd. Sophia Bauty, Katowice 2018.
7. *Podstawy marketingu*, red. A. Czubała, PWE, Warszawa 2012.
8. Thomas D.B., Barlow M., *Enterprise Social Media Strategy. How Social Networks Are Radically Transforming Your Business*, Wyd. Wiley, New York 2011.

## NETOGRAFIA

1. Allegro, YouTube, https://www.youtube.com/@allegro (16.02.2024).
2. Answer The Public, https://answerthepublic.com/pdenrw/reports/51881228-cc1d-48cb-8b1f-10e41f1ac559/edit?recently_searched=true (24.02.2024).

3. Baradziej D., *W jaki sposób Brand24 zbiera publiczne wzmianki?*, https://pomoc.brand24.pl/pl/articles/3385173-w-jaki-sposob-brand24-zbiera-publiczne-wzmianki (25.02.2024).
4. Brand24, https://brand24.pl/ (25.02.2024).
5. Digital 2024: *Poland, We Are Social i Meltwater*, https://datareportal.com/reports/digital-2024-poland s. 59 (24.02.2024).
6. *Digital World Report Poland 2023, We are social*, https://datareportal.com/reports/digital-2023-poland (16.02.2024).
7. GolinHarris, *Research: The Impact of Real-Time Marketing*, http://www.golinharris.com/#!/insights/real-timemarketing-research (16.02.2024).
8. Kanał Healthy Omnomnom na YouTube, https://www.youtube.com/c/HealthyOmnomnom (24.02.2024).
9. *Marketing przy Kawie, „SMS-y dostaję tylko od męża i mamusi" – Lidl odpowiedział na SMS Biedronki*, https://marketingprzykawie.pl/espresso/sms-y-dostaje-tylko-od-meza-i-mamusi-lidl-odpowiedzial-na-sms-biedronki/ (25.02.2024).
10. Morejon L., *Oreo Super Bowl Blackout Tweet – Social Media Marketing Case Study – Leo Morejon*, https://www.youtube.com/watch?v=gDnrT75GT_I (26.02.2024).
11. Nivea, YouTube, https://www.youtube.com/@NIVEAPolskaSpzoo/playlists (16.02.2024).
12. NP Digital, Answer The Public FAQs, https://answerthepublic.com/ (24.02.2024).
13. OpenAI, About, https://openai.com/about (25.02.2024).
14. OpenAI, Sora, https://openai.com/sora (25.02.2024).
15. Oreo, Twitter (X), https://twitter.com/Oreo/status/298246571718483968 (16.02.2024).
16. Poczta Polska, Facebook, https://www.facebook.com/pocztapolska (16.02.2024).
17. Rytr LLC, About us, https://rytr.me/about/ (24.02.2024).
18. Stokowski M., *Content Marketing w teorii i praktyce. Na czym polega marketing treści?*, https://www.whitepress.com/pl/baza-wiedzy/59/content-marketing-definicja (24.02.2024).
19. White Bits, B*roń bobrze bez kasku! Nagradzana kampania White Bits x Podlaskie – Kampania społeczna z wykorzystaniem AI*, https://whitebits.pl/kampania-w-podlaskiem-jezdze-z-kaskiem/ (25.02.2024).
20. White Bits, https://whitebits.pl/kampania-w-podlaskiem-jezdze-z--kaskiem/ (25.02.2024).

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 95-118
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Krzysztof Krej**
mgr inż., Wydział Ekonomiczno-Informatyczny,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI),
email: kkrej@wsei.edu.pl
ORCID: 0009-0005-0880-5457

# ANALYSIS AND UTILIZATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR DRAWING INSIGHTS FROM VIDEO GAME REVIEWS

## ANALIZA I WYKORZYSTANIE DUŻYCH MODELI JĘZYKOWYCH DO WYCIĄGANIA WNIOSKÓW Z RECENZJI GRY KOMPUTEROWEJ

***Key words:*** *artificial intelligence, natural language processing, game development, GPT models, review analysis*

***Słowa kluczowe:*** *sztuczna inteligencja, przetwarzanie języka naturalnego, rozwój gier, modele GPT, analiza recenzji*

**JEL Classification:** O33, D83

## Abstract

This study investigates the use of GPT models for analyzing video game reviews. The research develops a methodology for efficiently gathering, classifying, and interpreting player feedback using GPT models and explores strategies for integrating insights into game development processes. Experiments using player reviews for "House Flipper 2" demonstrate the effectiveness of GPT models in extracting meaningful insights. Implications for game development, challenges associated with large-scale automated analysis, and future research directions are discussed.

**Streszczenie**
Praca bada wykorzystanie modeli GPT do analizy recenzji gier wideo. Badanie opracowuje metodologię efektywnego gromadzenia, klasyfikowania i interpretowania opinii graczy z wykorzystaniem modeli GPT oraz bada strategie integracji uzyskanych spostrzeżeń z procesami rozwoju gier. Eksperymenty z wykorzystaniem recenzji graczy gry "House Flipper 2" pokazują skuteczność modeli GPT w wydobywaniu znaczących spostrzeżeń. Omówiono implikacje dla rozwoju gier, wyzwania związane z automatyczną analizą na dużą skalę oraz przyszłe kierunki badań.

## INTRODUCTION

In the rapidly evolving landscape of the video game industry, understanding and effectively utilizing player feedback has become a critical aspect of game development. With the rise of digital distribution platforms and social media, players now have unprecedented opportunities to share their opinions, experiences, and suggestions through various channels, such as user reviews, forums, and social media posts. This wealth of user-generated content presents both opportunities and challenges for game developers seeking to improve their products and meet player expectations.

Traditionally, analyzing player feedback has been a time-consuming and labor-intensive process, often relying on manual methods such as reading and categorizing individual reviews. However, the sheer volume of available data has made this approach increasingly impractical, necessitating the development of more efficient and scalable solutions. In recent years, the emergence of advanced natural language processing (NLP) techniques and large language models (LLMs) has opened up new possibilities for automated analysis of player feedback [5].

This paper explores the potential of using LLMs, specifically GPT models, for the analysis and interpretation of video game reviews. By leveraging the capabilities of these powerful language models, this study demonstrates how game developers can gain valuable insights from player feedback, enabling data-driven decision-making and ultimately leading to improved game quality and player satisfaction.

The primary objectives of this research are threefold:

- To evaluate the effectiveness of GPT models in classifying and analyzing video game reviews, comparing their performance to traditional manual analysis methods.

- To develop a methodology for utilizing GPT models to efficiently gather, classify, and interpret player feedback, identifying best practices and techniques for optimizing the analysis process.
- To explore strategies for integrating insights derived from GPT-based analysis into the decision-making processes and development cycles of video games, with the goal of enhancing product quality and player satisfaction.

To achieve these objectives, the study involved a series of experiments using a dataset of player reviews for the game "House Flipper 2." By applying various data filtering, contextual querying, and iterative refinement techniques, this study demonstrates how GPT models can effectively extract meaningful insights from player feedback, identifying key trends, issues, and suggestions for improvement.

Furthermore, I discuss the implications of the findings of this study for game development, highlighting the potential benefits of data-driven decision-making, targeted community engagement, and continuous improvement based on player feedback. I also address the challenges associated with large-scale automated analysis, such as data quality, contextual understanding, and ethical considerations.

Finally, future directions are outlined for research and development in this field, including the refinement of LLMs for enhanced accuracy, the expansion of multilingual analysis capabilities, and the incorporation of user engagement data. By pursuing these avenues, I believe that game developers can further harness the power of LLMs to gain valuable insights from player feedback, ultimately leading to the creation of more engaging, satisfying, and successful video games.

## THEORETICAL BACKGROUND

In the era of digitalization and the growing significance of digital media, video games have become an essential element of popular culture, engaging millions of users worldwide. This mass reception makes games not only a form of entertainment but also an important object of scientific research. Ludology, as a field dedicated to the study of games and play, is expanding rapidly, shedding light on various aspects of this media form – from game narratives and mechanics to their impact on society and culture.

In the context of the constantly evolving video game market, with particular emphasis on the dynamic environment of production and the

reactions of the player community, there is a need to utilize modern technologies for data analysis and interpretation. Such analysis is particularly important in times when game production increasingly relies on the principles of data-driven development, where design decisions and product development directions are based on analyzed data.

## The Role of User Feedback in Game Development

User feedback significantly influences the life cycle of a game [1]. It can be used to infer what updates players expect, determine whether it is a good time to release additional paid or free content for the game (DLC), and what that content should include. With a thriving game, the development team needs a constantly updated task list, the implementation of which will translate into real value for players. The use of data as a basis for decision-making in game development (data-driven development) has become a key aspect of decision-making in game production and development.

## Utilization of Reviews and Opinions in the Decision-Making Process

Player reviews published in game stores, such as Steam, are an invaluable source of information for game creators and publishers [9]. They not only provide evidence of user acceptance or rejection of a given production but also contain suggestions, highlight problems, and introduce community expectations and preferences into the discussion. Understanding this data and effectively analyzing it is key to success in an industry that, due to its dynamic nature, requires quick adaptation and a creative approach to development.

## The Role of AI and NLP Technologies

The incredibly rapid development of artificial intelligence capable of processing natural language has led to the emergence of tools capable of advanced analysis of vast textual datasets. One of the most promising examples of these technologies is the GPT (Generative Pre-trained Transformer) models developed by OpenAI. They can play a crucial role in ana-

lyzing review texts, offering unique capabilities in identifying patterns that can influence the direction of game development.

## Literature Review

Article [9] presents the results of a study proving that video game reviews are a rich source of content. It identifies nine themes that regularly appear in game reviews, but it does not address methods for automatically analyzing their content.

Utilizing LLMs (Large Language Models) for the sentiment analysis of video game reviews is a relatively new topic that the literature devoted to it is surprisingly modest.

Sentiment analysis itself is a relatively well-described topic. For example, [4] presents a method of aspect-based sentiment analysis (ABSA), which allows for the assessment of user attitudes towards previously released video games. The authors focused on a three-part game series, analyzing user reviews to identify the most frequently mentioned words, called ”aspects”. These aspects were then examined in terms of sentiment, which was found to be highly correlated with user ratings.

The described analysis is particularly valuable for game developers who want to understand which elements of their games were well-received and which met with negative reactions. The research methodology focuses on understanding which aspects of the game (such as plot, combat, or characters) are most important to users and how they are evaluated. By applying this knowledge, developers can better tailor their future projects to player expectations.

An example of the game series studied is ”Dragon Age,” which, despite sales successes, received mixed reviews from players. This study allowed for a deeper understanding of how design decisions influenced user perception of the game and which aspects were criticized or praised in individual parts of the series.

The conclusions from the analysis can serve as a tool for better understanding player expectations and for creating more engaging and satisfying games by focusing on the aspects most important to users. Furthermore, the study emphasizes the importance of directly incorporating user opinions into the game design process to avoid discrepancies between developer expectations and player experience.

Similarly, [8] and [1] discuss the use of natural language processing (NLP) techniques to draw conclusions. However, the techniques described

here, such as word counting or sentence length analysis, which can be used to study language complexity in game reviews, also do not provide sufficient information for making business decisions regarding further game development.

In [3], a highly systematic approach is employed, sequentially performing sentiment analysis, binary classification, multi-label text classification, and topic modeling. However, even such a complex approach can only quantify game playability based on aspects like gameplay, usability, and functionality, without offering specific recommendations to improve the game.

A similar approach was used in [2], where the authors even attempt to read the causal relationships between user arguments and purchase decisions. However, in this case as well, the raw lexical approach only allows for a simple classification of possible product issues and does not allow for the discovery of those that were not anticipated by the experiment authors.

Paper [5] is the only one I could find concerning the use of LLMs for review analysis. It illustrates the higher effectiveness of this approach. Worth noting is the example of a cynical review cited in the paper ("Great for uninstalling. 11/10 that I would uninstall again."). In the case of such reviews, lexical methods often incorrectly assess them as positive, and only the use of LLM allows for reading the true intention.Unfortunately, none of the discussed articles talks about an approach that allows drawing general, specific, previously unknown conclusions about which specific game elements (such as mechanics or a specific type of content) are most praised or criticized by players.

In the further part of the work, we will focus on the methodology of using GPT models in the context of games, analyzing both the potential and limitations of such an approach, and then present the research results and their implications for the future of video game development.

## METHODOLOGY

### Usage Scenarios

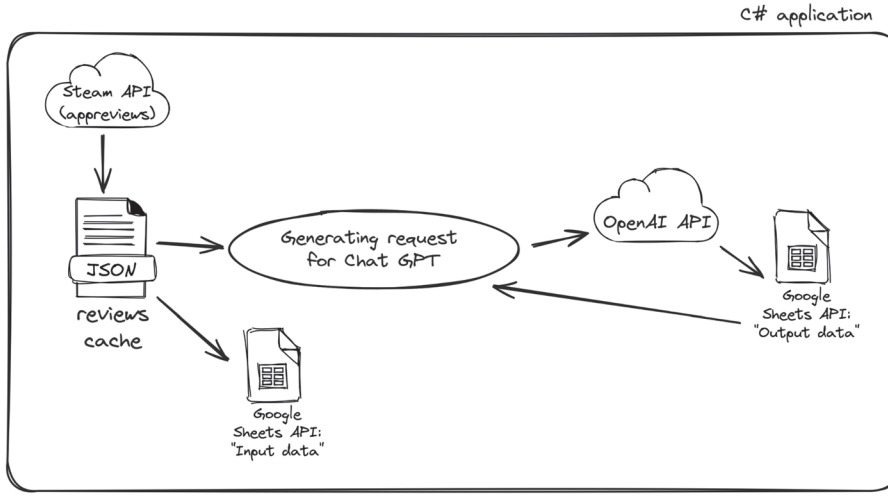
There are two principal approaches for utilizing the tools discussed. The first approach involves an unstructured analysis of Steam reviews. In this scenario, a database of reviews is sent to the ChatGPT with a request to summarize them. The model is tasked with analyzing positive and nega-

tive reviews separately, identifying recurring themes, and then producing a summary that highlights aspects of the game that are most praised, most criticized, and suggestions for changes (which appear in both positive and negative reviews). In this scenario, the reviews are not filtered.

The second approach entails searching for reviews related to a specific topic. Initially, the ChatGPT generates a list of key phrases related to the topic. Subsequently, the input data is filtered using these phrases. A new query containing the filtered database of reviews is then sent to the ChatGPT, the results of which are recorded in a spreadsheet.

## Data flow

**Figure 1. Flowchart of the game review analysis application**




*Source: Author's own elaboration.*

In the described software system, multiple external and internal data sources were integrated using a C# application to handle and analyze user-generated content from Steam reviews. The process begins with the C# program querying the Steam API to fetch player reviews. Once retrieved, these reviews are temporarily stored locally in a JSON file, serving as a cache to optimize response times for subsequent requests. If the same data request is made again, the system checks this cache before hitting the Steam API, thus reducing unnecessary network calls and load on the

external API. The Steam API is rate-limited so it is possible to download about 10 reviews per second. In case of game I'm working on, House Flipper 2, currently there are more than 6000 reviews to download, so without cache it would take 10 minutes each time. Adding JSON cache solved this problem

Following local caching, the data is then exported to a Google Sheet labeled "Input Data", allowing users to conveniently access and review the raw data.

For analytical processing, the C# application generates request containinge reviews data from Steam, and sends it to the OpenAI API (ChatGPT), where natural language processing is employed to analyze the content of the reviews. The results of this analysis are then recorded in a separate Google Sheet named "Output data" completing the data flow cycle. On user request these data can be used as input data for OpenaAI API again, for example to summarize results.

This system not only provides a streamlined way to collect and analyze user reviews but also facilitates an efficient data management protocol by leveraging caching mechanisms and integrating with cloud-based spreadsheet tools for accessible data visualization and result storage.

## Data filtering

Practical tests have demonstrated that when the GPT model is presented with thousands of comments and asked to extract details concerning a specific issue, it tends to include summaries of the overall content and other aspects not explicitly requested. Consequently, the initial step involves basic filtering. For instance, when the summary of negative comments suggested that some players experience motion sickness while playing the analyzed game, the following question was posed:

*"In House Flipper 2, players may sometimes experience mild motion sickness or nausea. I would like to review player comments that address this issue. Could you provide me with a list of keywords and phrases that I could use to filter the reviews to find approximately 1% of them that discuss this issue?"*

The response received was:

*"motion sickness, nausea, dizziness, uncomfortable, queasy, eye strain, headache, discomfort, difficulty adjusting, camera movement, flicker effect, rapid scrolling, vertigo, vomit".*

This selection was surprisingly detailed and apt, surpassing what I might have devised on my own.

After filtering reviews with these keywords, 43 reviews discussing this topic were identified.

These filtered reviews are then sent to the ChatGPT with an additional instruction to focus solely on the analyzed aspect, in this case:

*"What do players complain about regarding motion sickness or dizziness in the game and how would they like the game to be changed to address these issues? I am not interested in opinions about other aspects of the game at this moment".*

Only by combining keyword-level filtering with a clear query to the ChatGPT explicitly requesting the exclusion of other topics were satisfying results obtained.

It is important to note that in this case, the keyword filter restricted the analysis to reviews in English – this need not be the case. Keywords can be in multiple languages, and the ChatGPT handles most European languages well. Unfortunately, Asian languages often fall short, leading me to frequently exclude them from analysis as the reviews translated from these languages by artificial intelligence often do not make sense after translation. This is unfortunate, as Asian players constitute as much as 16% of the analyzed games' audience. Fortunately, many of them write reviews in English, allowing us to effectively analyze them.

## Preparing query for OpenAI

The described C# application generates a query for the ChatGPT based on the text written by the user in the following manner:

First, a system message is sent with the content: "You are an expert answering questions about the computer game House Flipper 2 based on player opinions". This query works because ChatGPT knows what the game House Flipper is – it was easy to verify this in a conversation with it. For less known products or other games, it is necessary to provide a context description so that the AI knows the topic of the reviews and can properly understand them.

In the next message, a question is asked to the system. It is constructed according to the following pattern:*"Write an answer to the question based on the provided player reviews. The question is:*

*{question}*

*Reviews to analyze:*

*{reviews}"*

This approach ensures that the AI has the necessary context to understand the question and the reviews it needs to analyze. By providing the AI with a clear instruction to answer the question based on the given reviews, relevant and focused responses can be obtained.

It is important to note that for less popular games or products, additional context may need to be provided to the AI. This could include a brief description of the game or product, its main features, and any other relevant information that would help the AI better understand the topic of the reviews.

By following this query preparation pattern, the C# application can effectively communicate with the OpenAI API and obtain meaningful insights from the player reviews. This structured approach allows for the automation of the review analysis process, saving time and resources while providing valuable data for game developers to make informed decisions.

## Utilizing the Appropriate Large Language Model Version

This study exclusively utilized the ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer) provided by OpenAI. My choice was driven by the desire to employ the most intelligent tool available. Numerous tests, such as those found at [https://lifearchitect.ai/iq-testing-ai/](https://lifearchitect.ai/iq-testing-ai/), clearly suggest that GPT is among the top performers. The only comparable competitor at this level is Claude 3, which, however, is not yet available in Poland, hence my decision to use GPT.

Most users are familiar with ChatGPT from its web version. While this version is an excellent tool for beginners, it is considerably limited compared to what the Application Programming Interface (API) allows. As of this writing in May 2024, the most significant models are GPT-4 and GPT-4 Turbo. Choosing between these two models presents an intriguing issue. OpenAI states that "With 128k context, fresher knowledge and the broadest set of capabilities, GPT-4 Turbo is more powerful than GPT-4 and offered at a lower price". Indeed, GPT-4 Turbo appears to be superior:

- It uses fresher training data from December 2023, while GPT-4 has a knowledge base up to September 2021. ([source](https://platform.openai.com/docs/models/gpt-4-turbo-and-gpt-4)),
- It allows for the analysis of over ten times more data: 128,000 tokens (equivalent to about 300 pages of text), compared to 8,192 to-

kens for GPT-4. ([source](https://platform.openai.com/docs/models/gpt-4-turbo-and-gpt-4)),
- It is more than twice as cost-effective, with a million tokens of input and output costing respectively $10 and $30 for GPT-4 Turbo, but as much as $30 and $60 for regular GPT-4. ([source](https://openai.com/pricing)),
- Additionally, GPT-4 Turbo is faster, deemed more accurate, has a larger vocabulary, and better handles adaptive learning. ([source](https://medium.com/@olivierlaurence81/gpt-4-vs-gpt-4-turbo-whats-the-difference-94f195bfc423)).

Given these advantages, does it make sense to use the standard GPT-4? It turns out that sometimes it does. Some data suggest that this model performs better in tasks that do not require working with large amounts of data or within a limited time frame.

For instance, it excels in generating code ([source](https://aider.chat/docs/benchmarks-1106.html)) and achieves higher scores in the SAT – the standardized American test used for college admissions in the United States ([source](https://twitter.com/wangzjeff/status/1721934560919994823)).

Consequently, the study employed GPT-4 Turbo for queries related to data analysis, but use the standard GPT-4 for generating keywords and summarizing results.

## DATA ANALYSIS

### Reviews summarising

The primary application of this approach was to automate writing summaries of reviews. The analyzed game receives hundreds to thousands of reviews each month, many of which span several pages of text. Reading them in their entirety could take about ten hours per month for anyone wanting to familiarize themselves with the content. Moreover, many reviews are very similar, so this task could become monotonous. ChatGPT excels at writing summaries. Below is a sample summary: ***Summary of 500 reviews of House Flipper 2 (80% positive) collected from 2024-03-19 to 2024-05-02:*** *Positive reviews:*

- *Overall, very good ratings for the game, especially for the graphics and the possibility of creative play.*

– *Players appreciate the new features and tools available in the game, such as furniture matching and coloring.*
– *Sandbox and tutorial rated positively for accessibility and freedom in creativity.*
– *Some users emphasize that the game is much better than the first part of the series, praising it for its improvements and new possibilities.*
– *The game is relaxing and provides many hours of enjoyable entertainment; great for long sessions.*
– *Users appreciate regular updates from developers adding new content and features.*
– *Praised for its graphics – especially for details and aesthetics.*

*Negative reviews:*

– *Many users report technical problems such as bugs, game crashes, and performance problems – especially on higher graphics settings.*
– *Users report a lack of decoration items; indicate that the game has less content compared to the first part, especially it is devoid of garden options, which were available in the DLC for the first part.*
– *There is frustration with the game feeling "unfinished" and concerns about whether future updates will be free or paid.*
– *Some players, compared to the first part of the series, believe that House Flipper 2 is a step backwards.*
– *Disappointed with the lack of some features or tools that were available in previous versions of the game.*
– *A few complaints also concern the user interface, which can be confusing or less intuitive than players expected.*
– *No support for Steam Workshop, which limits the possibilities of modding the game.*

*Overall, House Flipper 2 is generally well received for its relaxing nature and creative elements, with regular updates adding value to the game. However, technical bugs, a limited number of available decorations compared to the previous entry in the series, and concerns about future content cloud the overall positive image of the game.*

*The conclusions from this summary align very well with what I have determined myself from reading the game reviews and discussions on forums. Although this might only be my subjective evaluation, another point provides more analytical confirmation of the utility of the discussed solution.*

## Comparison with Data Obtained by Traditional Methods

I use various tools, including *canny.io*, to collect feedback from players.

Canny.io is a SaaS (Software as a Service) platform designed to help companies gather, organize, and analyze customer feedback efficiently. It is primarily used by product teams to track user requests and feature suggestions, enabling a more user-centric approach to product development. Canny.io provides tools for creating feedback boards where users can submit their feedback, vote on existing ideas, and engage in discussions.

Thanks to this, there is a clear list of items that players would like me to add to the game, as well as mechanics and gameplay features they consider most important.

Interesting conclusions can be drawn by comparing the data collected from canny.io with what the discussed model can extract from player reviews.

Below is an excerpt from interaction with the discussed application: *What topic would you like to summarize the reviews on?*

*> What specific mechanics & gameplay features are players asking for? List specific ones, in bullet points from the most popular request.*

*I am analyzing 500 reviews posted between 2024-03-19 and 2024-05-02.*

*Players have been asking for various mechanics and features in House Flipper 2 to improve their gaming experience. Here is a list of the most popular requests by reviews:*

1. ***Greater variety of decorations and furniture**: – Many reviews note the lack of variety in available furniture, decorations and finishing options.*
2. ***Improving tools and painting mechanics**: – Players are dissatisfied with the current wall painting tools, requiring additional upgrades to make painting faster and more efficient.*
3. ***Game stability and optimization**: – Some players experience problems with game performance, including crashes and FPS drops, which especially applies to players with modern computers.*
4. ***Before and After Slideshow**: – Users are asking for the return of the function of comparing the condition of the house before and after renovation, which was one of the favorite elements of the first part of the game.*
5. ***Greater interaction and influence on auctions**: – Players would like to have a greater influence on the process of selling houses at auctions, so that they can better manage the expectations and choices of potential buyers.*

The table below compares responses from GPT based on game reviews and submissions created by players on canny.io:

**Table 1. Comparison of GPT responses based on game reviews with player submissions on Canny.io**

| GPT Response | Equivalent on Canny.io |
|---|---|
| Greater variety of decorations and furniture | Separate category on canny.io with >10K votes |
| Improving tools and painting mechanics | Top #5 and top #15 requests on canny.io are about adding new tools and improving existing ones |
| Game stability and optimization | Canny.io is not used for collecting information about bugs and the need for optimization |
| Before and After Slideshow | Top #1 request from players on canny.io, with 2.2K upvotes |
| Greater interaction and influence on auctions | Top #4 request from players on canny.io, with 1.4K upvotes |

*Source: Author's own elaboration based on analysis of House Flipper 2 reviews and Canny.io data.*

Out of the five most popular submissions on Canny.io, three are also described as the most frequently mentioned in game reviews. This is a very good result. Manual checking showed that the remaining two most popular submissions on canny.io, namely:

- "Undo" button for Story Mode (1.4K upvotes),
- Show us how many rooms still have quests left in jobs (1.5K upvotes),

were not mentioned in game reviews by players during this period. This makes sense, as while these are important features for players, their absence probably does not impact the joy of playing as much as the other mentioned items do.

## Examples of Contextual Analysis

Beyond searching for recurring requests, comments, and suggestions in reviews, an important way of using the discussed tools is the possibility of conducting instant research on a given topic. The methodology employed this for analyzing necessary improvements to many mechanics and aspects of the game. I will cite an example where it was possible to successfully identify particularly useful conclusions:

*List comma-separated key phrases you want to search for in reviews:*
*> buyer, buyers, auction, auctions*
*Found 106 reviews matching the key phrases. This represents 1% of all reviews.*
*What topic would you like to summarize the reviews on?*
*> What do players complain about in-game buyers and how would they like to see them changed? (By "buyers", I mean virtual characters that appear in the game and to whom the player can sell a renovated house. I am not interested in opinions about aspects of the game other than merchants at the moment)*
*Analysis of 106 reviews posted between December 15, 2023, and April 19, 2024:*
*Players in House Flipper 2 have expressed dissatisfaction with the in-game buyer interaction, specifically the auctioning process. Critically, the feedback highlights that buyer engagement is not as dynamic or interactive as it was in the first game. Buyers previously showed reactions and provided feedback that catered to specific preferences during house renovations, making the auction more engaging and strategic. Players miss this element as it added depth and personality to the buying process.*
*Players suggest that improving buyer interaction in House Flipper 2 could involve reintroducing more detailed buyer preferences and feedback during auctions. They would appreciate a system where buyers provide specific requests or express distinct likes and dislikes that influence the auction outcomes. This change would not only bring back the vibrant character interaction found in the first game but also enhance the strategic aspect of house flipping, as players would need to tailor their renovations to meet different buyer demands effectively.*
*End of analysis*

In the discussed example, it was possible to identify specific, clearly described changes that need to be implemented for players to more appreciate the discussed system. Given how crucial this aspect of the game is, Extensive time was spent analyzing player requests, forum discussions, reviews, and votes on canny.io. It is worth noting that this 154-word summary of 106 reviews concerning the topic hits the mark and clearly suggests what our company should do to make the game better.

## Prioritizing player requests

To evaluate the effectiveness of ChatGPT in prioritizing player requests, I utilized data from Canny.io, a platform that allows players to submit and vote on feature requests for the game. The data consisted of a list of player requests, ranked by the number of votes each request received.

The research involved several experiments where I provided ChatGPT with a subset of the most recent player reviews and asked it to rank the feature requests based on the information contained in these reviews. Then I compared ChatGPT's rankings with the actual rankings from Canny.io using Spearman's rank correlation coefficient.

Spearman's rank correlation coefficient is a non-parametric measure of the monotonicity of the relationship between two datasets. It assesses how well the relationship between two variables can be described using a monotonic function. The coefficient ranges from −1 to +1, where +1 indicates a perfect positive correlation, −1 indicates a perfect negative correlation, and 0 indicates no correlation.

The study employed Spearman's rank correlation coefficient for several reasons:

1. It does not assume a linear relationship between variables, making it suitable for comparing rankings.
2. It is less sensitive to outliers compared to Pearson's correlation coefficient.
3. It can handle ties in rankings, which are common in user-generated data like feature requests.

In our experiments, I first calculated the Spearman's rank correlation coefficient between the actual rankings and an alphabetically sorted list of the feature requests. As expected, this yielded a coefficient close to zero (−0.031), indicating no meaningful correlation.

Then I conducted multiple trials where I provided ChatGPT with different subsets of the most recent player reviews. The Spearman's rank correlation coefficients between ChatGPT's rankings and the actual rankings ranged from 0.16 to 0.27. This variability is expected due to the non-deterministic nature of ChatGPT.

I consider coefficients above 0.15 to be favorable, given several factors:

– The dynamic nature of the data, as player preferences may shift over time.
– The small differences in the number of votes between some feature requests, making their relative positions highly sensitive to minor changes.

These results suggest that ChatGPT can provide meaningful insights into player priorities based on an analysis of player reviews, as evidenced by the positive correlation between its rankings and the actual rankings from Canny.io.

### Changing Trends

Finally, it's important to note that while analyzing as large a database of reviews as possible seems tempting, some of them become outdated over time. For example, during the first weeks after the game's release, players most frequently reported in reviews a lack of curtains. This was a big surprise for me, but given the overwhelming number of requests to add curtain models, I added them to the game within two months of the release. Since that day, the problem has disappeared, and reviews related to it have also vanished. Initially, when I analyzed all reviews every time, not just the current ones, the informational noise associated with repeating already solved problems was distracting. Ensuring that only the latest few hundred reviews are analyzed made the entire process faster, cheaper, and more accurate.

## DISCUSSION

### Comparison with Other Methods

Large Language Models (LLMs) have proven to be significantly more effective than traditional Natural Language Processing (NLP) methods in analyzing video game reviews [1, 2, 6]. They can extract more accurate insights from review texts, answer specific questions, limit the analysis to a given context, work with multiple languages, and effectively handle irony, which negative reviews are often filled with.

Compared to manual text analysis, using LLMs has numerous advantages. First and foremost, it is incomparably faster – analyzing 300 pages of reviews takes between 10 and 30 seconds, while it would take a human an average of 8-12 hours. Moreover, LLMs do not display emotions, do not succumb to fatigue or boredom, which is exceptionally important. For game developers, negative reviews are the most crucial, and reading negative reviews of their game can easily lead to mental breakdowns for an average developer. Reading a one-page summary of these comments prepared by an LLM is incomparably better in terms of emotional hygiene.

## Strategies and Techniques for Optimized Analysis

To effectively utilize Large Language Models (LLMs) for analyzing video game reviews, several strategies and techniques can be employed to optimize the process and obtain the most relevant insights.

- Data Filtering: Before feeding the reviews to the LLM, it is crucial to filter the data based on specific keywords or phrases related to the topic of interest. This helps to narrow down the analysis to the most relevant reviews, reducing noise and improving the quality of the insights generated. Filtering can be done based on keywords related to specific game mechanics, features, or user experiences.
- Contextual Querying: When interacting with the LLM, it is essential to provide a clear and specific context for the analysis. This can be achieved by formulating queries that explicitly state the focus of the analysis and exclude irrelevant aspects. For example, instead of asking for a general summary of the reviews, the query should be tailored to address specific questions or concerns, such as "What do players think about the game's difficulty level, and how do they suggest improving it?"
- Iterative Refinement: The analysis process should be iterative, allowing for the refinement of queries based on the initial results. If the first round of analysis yields broad or incomplete insights, the queries can be reformulated to dive deeper into specific aspects or to clarify ambiguities. This iterative approach ensures that the final insights are comprehensive and address the most critical points.
- Multilingual Analysis: On one hand, automatic translations of Asian languages often pose significant challenges. On the other hand, it is common for reviews from players in specific regions to have lower ratings. This may be due to issues affecting only players in those regions, such as poor quality translations into a given language or (in the case of China) lack of access to certain internet resources caused by the government firewall. The optimal solution seems to be asking the same question twice, once for all comments and a second time for comments in languages with the highest translation quality. This may involve creating separate keyword lists for filtering and adapting the queries to suit the linguistic and cultural nuances of each language.
- Temporal Analysis: Analyzing reviews over time can reveal valuable insights into how player opinions and experiences evolve. By seg-

menting the reviews into different time periods (e.g., launch week, first month, post-update), developers can track changes in sentiment, identify emerging issues, and assess the impact of updates or patches on player satisfaction.

- Integration with Other Data Sources: To gain a comprehensive understanding of player feedback, the insights derived from LLM analysis should be integrated with data from other sources, such as customer feedback collecting platforms, social media discussions, and bug reports. This holistic approach provides a more complete picture of the game's reception and helps prioritize development efforts.

By employing these strategies and techniques, game developers can optimize their use of LLMs for analyzing player reviews, ensuring that the insights generated are accurate, relevant, and actionable. This enables data-driven decision-making in game development, ultimately leading to improved player satisfaction and game success.

## Integrating LLM-Derived Insights into Decision-Making

Incorporating insights from Large Language Models (LLMs) into the decision-making process is a highly effective way of utilizing player feedback. By integrating LLM-derived insights, developers can make data-driven decisions that align with player preferences and expectations, leading to improved game quality and player satisfaction.

Insights derived from LLMs can help developers prioritize game updates and improvements based on the most pressing issues and desired features identified through player feedback. However, it is crucial to balance addressing player concerns with maintaining the game's original design vision. Players often express their dissatisfaction but may be unaware of its true cause. Additionally, players tend to resist change – for example, if the developers modify the user interface, players may express discontent even if the change is for the better, as the altered interface may not align with their established habits.

LLM-derived insights can also guide developers in crafting targeted communication and community engagement strategies [3]. After implementing changes based on these insights, assessing the impact of updates on player satisfaction is essential for continuous improvement.

## Challenges in Large-Scale Automated Analysis

While Large Language Models (LLMs) offer numerous benefits for analyzing player feedback, developers must navigate several challenges when implementing large-scale automated analysis:

- Data Quality and Noise: Player feedback data can be noisy, containing irrelevant or ambiguous information, hindering accurate analysis.
- Contextual Understanding: LLMs may struggle to grasp the context and nuances of player feedback, particularly with game-specific terminology or references. Developers must provide sufficient context and validate insights to ensure accuracy.
- Sarcasm and Irony Detection: Players often employ sarcasm, irony, or humor in their feedback, which can be challenging for LLMs to accurately interpret.
- Language Differences: Translations may not always capture the precise meaning or sentiment of the original text, leading to potential misinterpretations.
- Bias and Subjectivity: Player feedback is inherently subjective, reflecting individual preferences and experiences.
- Handling Contradictory Feedback: Players may express conflicting opinions about the same aspect of the game. If something is mentioned only in negative reviews, it may be liked by many users but not considered important enough to mention in positive reviews.
- Privacy and Data Security: Collecting and analyzing player feedback raises privacy and data security concerns. Developers must adhere to data protection regulations and implement appropriate safeguards.

To mitigate these challenges, developers should combine automated analysis with human oversight and interpretation, regularly refine the analysis process, incorporate feedback from domain experts, and stay updated with the latest advancements in NLP techniques.

By proactively addressing these challenges and continuously refining their approach, developers can harness the power of LLMs to gain valuable insights from player feedback while ensuring data integrity, reliability, and ethical use.

# CONCLUSION

## Summary of Findings

The research demonstrates that Large Language Models (LLMs), particularly GPT models, can be effectively utilized for the analysis and interpretation of video game reviews. Key findings include:

- LLMs outperform traditional Natural Language Processing (NLP) methods in extracting accurate insights, answering specific questions, and handling contextual nuances in game reviews.
- Compared to manual text analysis, LLMs offer significant advantages in terms of speed, emotional neutrality, and the ability to process large volumes of data.
- Effective strategies for optimizing LLM-based analysis include data filtering, contextual querying, iterative refinement, multilingual analysis, temporal analysis, and integration with other data sources.
- LLM-derived insights can be successfully integrated into the decision-making process for game development, enabling data-driven prioritization of updates and improvements based on player feedback.
- Challenges in large-scale automated analysis include data quality and noise, contextual understanding, sarcasm detection, language differences, bias and subjectivity, handling contradictory feedback, and privacy and data security concerns.

## Implications for Game Development

The findings of this research have significant implications for game development:

- Data-driven decision-making: LLM-based analysis of player reviews enables developers to make informed decisions based on actual player feedback, leading to improved game quality and player satisfaction.
- Prioritization of updates and improvements: Insights derived from LLMs can guide developers in prioritizing game updates and improvements, focusing on the most pressing issues and desired features identified by players.

- Enhanced community engagement: LLM-derived insights can inform targeted communication and community engagement strategies, fostering a stronger connection between developers and players.
- Balancing player feedback and design vision: While incorporating player feedback is crucial, developers must strike a balance between addressing player concerns and maintaining the game's original design vision.

## FUTURE DIRECTIONS

Based on the research findings, several future directions can be explored:

- Refining the Model for Enhanced Accuracy: Continued research and development of LLMs specifically tailored for video game review analysis can further improve the accuracy and reliability of the insights generated.
- Expanding Multilingual Analysis Capabilities: Investing in the development of more robust multilingual analysis capabilities, particularly for Asian languages, can enable developers to gain insights from a broader range of player feedback.
- Incorporating User Engagement Data: Integrating LLM-based analysis with user engagement data, such as playtime, in-game behavior, and social media interactions, can provide a more comprehensive understanding of player experiences and preferences.
- Ethical and Privacy Considerations: As the use of LLMs in game development grows, it is crucial to address ethical and privacy concerns related to the collection, analysis, and use of player feedback data. Establishing clear guidelines and safeguards will be essential to ensure responsible and transparent practices.

By pursuing these future directions, game developers can further harness the potential of LLMs to gain valuable insights from player feedback, ultimately leading to the creation of more engaging, satisfying, and successful video games.

## BIBLIOGRAPHY

1. Jeffrey, Robert, et al. *"The wisdom of the gaming crowd". Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction*

*in Play*. 2020. [2] Kunaefi, Anang, and Masayoshi Aritsugi. "Extracting arguments based on user decisions in app reviews". IEEE Access 9 (2021): 45078-45094.

2. Li, Xiaozhou, Zheying Zhang, and Kostas Stefanidis. *"A data-driven approach for video game playability analysis based on players' reviews"*. Information 12.3 (2021): 129.
3. Strååt, Björn, Harko Verhagen, and Henrik Warpefelt. *"Probing user opinions in an indirect way: an aspect based sentiment analysis of game reviews". Proceedings of the 21st International Academic Mindtrek Conference*. 2017.
4. Viggiato, Markos, and Cor-Paul Bezemer. *"Leveraging the OPT Large Language Model for Sentiment Analysis of Game Reviews". IEEE Transactions on Games* (2023).
5. Zagal, Jose P., Noriko Tomuro, and Andriy Shepitsen. *"Natural Language Processing for Games Studies Research". Journal of Simulation & Gaming (S&G), Special Issue on Games Research Methods* 43.3 (2011): 353-370.
6. Zagal, José P., Amanda Ladd, and Terris Johnson. *"Characterizing and understanding game reviews". Proceedings of the 4th international Conference on Foundations of Digital Games*. 2009.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 119-132
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Piotr Górski**
mgr inż.
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: pgorski@wsei.edu.pl
ORCID: 0009-0003-6736-9750

**Zbigniew Handzel**
dr inż., prof. WSEI
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: zhandzel@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1470-6592

# ITERACJE ARCHITEKTURY X86_64

## ITERATIONS OF THE X86_64 ARCHITECTURE

***Słowa kluczowe:*** *architektura x86, architektura x86_64, Intel, AMD*
***Key words:*** *x86 archietecture, x86_64 architecture, Intel, AMD*

**JEL Classification:** A2, C8, I2, L2, P4

## Streszczenie

Niniejszy artykuł dotyczy rozważań nad istotą oraz sensem wdrożenia iteracji architektury x86_64. Autorzy podkreślają, że omawiane w artykule iteracje architektury 64 bitowej nie są niczym nowym, jednak stale rosnące zapotrzebowanie na wydajność obliczeniową skłoniło korporacje do użycia niszowych do tej pory rozwiązań. W efekcie tego, w coraz większej liczbie znanych i uznanych projektów, takich jak np.: Red Hat Linux Enterprise, openSUSE czy Ubuntu rozważa się wprowadzenie źródeł skompilowanych w architekturze x86_64_v2 oraz x86_64_v3. W niniejszym artykule przedstawiono zarówno historię architektury x86_64 oraz wprowadzenie

do iteracji architektury x86_64, by lepiej zaznajomić czytelnika z omawianą problematyką, jak również omówiono wybrane przykłady wykorzystania architektury x86_64_v2 oraz x86_64_v3, a także przedstawiono wyniki badań.

**Abstract**
This article focuses on the considerations regarding the essence and purpose of implementing iterations of the x86_64 architecture. The authors emphasize that the iterations of the 64-bit architecture discussed in the article are not new; however, the ever-increasing demand for computational performance has prompted corporations to adopt solutions that were previously considered niche. As a result, an increasing number of well-known and established projects, such as Red Hat Linux Enterprise, openSUSE, and Ubuntu, are considering the introduction of sources compiled in the x86_64_v2 and x86_64_v3 architectures. This article presents both the history of the x86_64 architecture and an introduction to its iterations to better acquaint the reader with the subject matter. Additionally, it discusses selected examples of the use of the x86_64_v2 and x86_64_v3 architectures and presents research findings.

## WPROWADZENIE

W ostatnich miesiącach w coraz większej liczbie znanych i uznanych projektów, takich jak Red Hat Linux Enterprise, openSUSE czy Ubuntu rozważa się wprowadzenie źródeł skompilowanych w architekturze x86_64_v2 oraz x86_64_v3. Oczywiście wspomniane iteracje architektury 64 bitowej nie są niczym nowym i liczą sobie już ponad 10 lat, jednak rosnące zapotrzebowanie na wydajność skłoniło korporacje do użycia niszowych do tej pory rozwiązań.

W niniejszym artykule autorzy postanowili przedstawić rozważania nad istotą oraz sensem wdrożenia iteracji architektury x86_64. Na początek warto zaznaczyć, iż jeden z autorów niniejszej publikacji od wielu lat jest developerem, zaangażowanym w rozwój systemów Linuxowych, a obecnie bierze czynny udział w rozwijaniu systemu operacyjnego CachyOS, który jako jeden z pierwszych systemów operacyjnych udostępnia źródła skompilowane w architekturze x86_64_v3. Dzięki temu autorzy w swoich rozważaniach mają bezpośredni dostęp do jednego z ważniejszych projektów i mogą dokonać starannej analizy zalet oraz wad wynikających ze

stosowania tych rozwiązań. Warto zauważyć, że jeszcze do niedawna mało popularne rozwiązanie zdobywa coraz większą liczbę zwolenników. Należy zatem zadać pytanie o jego sens i należy się zastanowić, czy ma to realny wpływ na działanie systemu? Zdaniem autorów niniejszej publikacji odpowiedź na tak zadane pytanie jest twierdząca. Jak już wspomniano, jeden z autorów jest zaangażowany w rozwój systemu operacyjnego CachyOS, gdzie od dwóch lat korzysta on z takich rozwiązań, a przy tym stale ma styczność z użytkownikami, otrzymując od nich opinie oraz uwagi. Dzięki temu autorzy niniejszej publikacji mogą lepiej poznać istotę i sens stosowania omawianych rozwiązań. Korzystanie z tych architektur ma oczywiście swoje wady i zalety, jednakże te ostatnie zdecydowanie przeważają nad tymi pierwszymi. Możliwość zbudowania całego systemu operacyjnego pod posiadaną architekturę uczyni środowisko pracy bardziej wydajnym. Oczywiście, jak wspomniano, istnieją też wady, takie jak większy pobór energii, czy potencjalne błędy – wszakże istnieją projekty w których nie ma póki co możliwości zastosowania takich optymalizacji lub też mogą one implikować potencjalne regresje. Rosnące zainteresowanie zarówno ze strony korporacji jak i użytkowników pokazuje jednak, że najprawdopodobniej niszowe dziś rozwiązanie może stać się obowiązującym standardem na długie lata. Architektura x86_64 może alokować w teorii aż 16 EB pamięci operacyjnej co znacznie przekracza dzisiejsze możliwości zarówno sprzętowe jak i systemowe. Oznacza to, że najprawdopodobniej jeszcze długo nie ukaże się architektura 128 bitowa przeznaczona do powszechnego użytku. W takim wypadku opisywane rozwiązania stanowią analogię do rozwoju architektury i386, która z czasem wyewoluowała w architektury i486/i586/i686.

## HISTORIA ARCHITEKTURY X86_64

Architektura 64 bitowa (określana jako x86_64 lub też AMD64) jest rozwiązaniem liczącym sobie już dwie dekady. Opracowana i zapoczątkowana przez firmę AMD (stąd też wzięło się jedno z określeń – amd64) [1] jest rozwijana również przez firmę Intel [2] pod symbolem EM64T. Kompatybilność pomiędzy tymi rozwiązaniami nie jest pełna, dodatkowo to AMD64 było zdecydowanie lepiej dopracowane. To właśnie implementacja zapoczątkowana przez AMD stała się obowiązującym standardem i podwaliną do kolejnych iteracji architektury x86_64. Jakkolwiek architektura 64 bitowa jest dzisiaj powszechnie używana i zdecydowanie wy-

parła architekturę 32 bitową – czego przykładem może być wycofywanie się różnych projektów ze wsparcia [3], tak powszechna świadomość na temat iteracji tejże architektury nie jest powszechna. Świadczyć o tym może choćby fakt, iż oficjalne wsparcie dla kompilatora pojawiło się dopiero pod koniec 2020 roku [4] – pomimo, że pierwsza iteracja tej architektury, określana jako x86_64_v2 pojawiła się już w 2009 roku [5] w procesorach Intel Nehalem oraz AMD Jaguar. Obowiązującym dzisiaj standardem jest druga iteracja – x86_64_v3 wprowadzona w latach 2014/2015 w procesorach Intel Haswell oraz AMD Excavator [5]. Jest to też ostatni przypadek, w którym kolejne rozwinięcie architektury 64 bitowej zostało wydane przez firmy Intel oraz AMD w podobnym czasie. Kolejna, ostatnia już iteracja – określona wersją x86_64_v4 została zapoczątkowana przez Intela już w procesorach Intel SkylakeX w 2017 roku – i było to pierwsze podejście do tej architektury [5]. Kolejne nastąpiło w 11 generacji procesorów Core i5/i7/i9 [6] lecz bardzo szybko, bo już w 12 generacji Intel wycofał się ze stosowania flagi AVX512 – powracając zarazem do architektury x86_64_v3), stosując w zamian tego nowe rozwiązanie, bazujące na dwóch rodzajach rdzeni – E oraz P [6]. AMD natomiast wprowadziło architekturę x86_64_v4 dopiero pod koniec 2022 roku w procesorach z rodziny ZEN4 [7]. Intel swoją decyzję argumentował faktem, że flaga AVX512 nie jest rozwiązaniem korzystnym dla użytkowników komputerów osobistych, jest za to odpowiednim dla serwerów [8]. Bardzo negatywnie na temat architektury x86_64_v4 wypowiadał się twórca jądra Linux, Linus Torvalds: *„AVX512 ma prawdziwe wady. Wolałbym, żeby budżet na tranzystory został wykorzystany na inne rzeczy, które są o wiele bardziej istotne. Nawet jeśli nadal jest to matematyka FP (w GPU, a nie AVX512). Albo po prostu dać mi więcej rdzeni (z dobrą wydajnością jednowątkową, ale bez śmieciowych rozwiązań, takich jak AVX512), tak jak zrobiło to AMD"* [9].

## WPROWADZENIE DO ITERACJI ARCHITEKTURY X86_64

Z powyższych względów w niniejszym artykule warto skupić się na architekturach x86_64 w wersjach: v2 v3 – a w szczególności na tej ostatniej, gdyż jest ona nie tylko najnowsza, ale również jest wspólną generacją dla większości procesorów Intela oraz AMD z lat 2015-2023. Rozważania nad koniecznością wdrożenia iteracji architektury 64 bitowej podjęto między innymi w Red Hat [10]. Taki wybór oznaczałoby użycie następujących flag procesora: CMPXCHG16B, LAHF-SAHF, POPCNT, SSE3, SSE4.1, SSE4.2, SSSE3 – czyli flag udostępnionych wraz z Intel Nehalem. To z kolei spo-

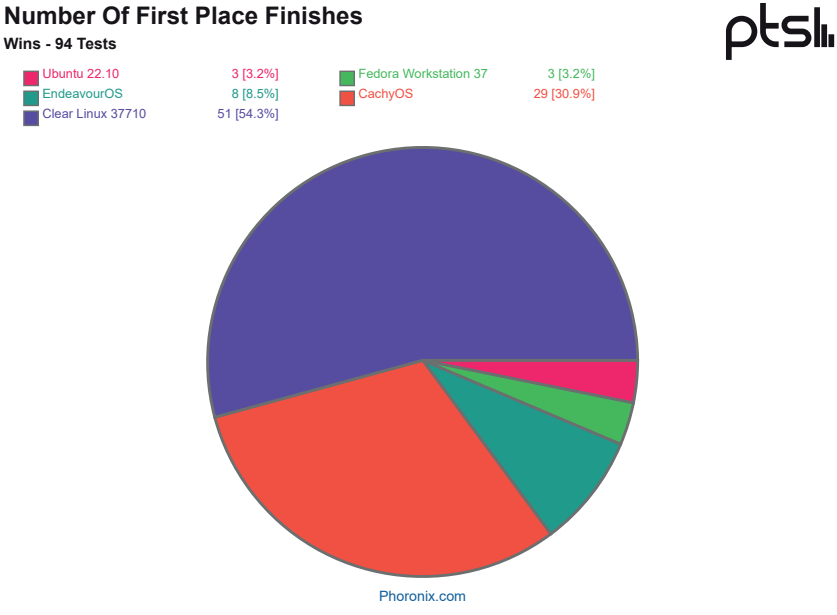
wodowałoby, że RHEL9 zachowałby kompatybilność z ponad dziesięcioletnimi komputerami – co i tak należy uznać za bardzo liberalne podejście, gdyż iteracja x86_64_v3 wymusiłaby odcięcie znacznej liczby komputerów od możliwości zaktualizowania systemu do najnowszej wersji [10]. Developerzy Red Hata słusznie zauważyli, że zastosowanie większej ilości flag znacząco podniesie wydajność systemu operacyjnego już na samym początku [10]. RHEL10 natomiast poszedł o krok dalej i wprowadził zgodność z architekturą x86_64_v3 [11]. Na podobny krok zdecydowała się firma Canonical w nadchodzącym Ubuntu 24.04 LTS [12]. Oczywiście, zarówno Red Hat jak i Canonical nie zamierzają porzucać bazowej architektury x86_64, natomiast zamierzają dodać jedynie wsparcie architektury x86_64_v3. Bardziej zaawansowane prace w tym kierunku prowadzą developerzy systemu openSUSE i zdecydowali się oni wprowadzić implementację architektury x86_64_v3 wcześniej niż Red Hat, czy Canonical [12]. W tym wypadku pozostawiono jednak dobrowolną decyzję użytkownikowi, który samodzielnie wybiera, czy chce z takiej funkcjonalności skorzystać czy też nie [13]. Jeśli użytkownik nie chciał lub też nie mógł korzystać z takiej formy optymalizacji, wystarczyło odinstalować pakiet „patterns-glibc-hwcaps-x86_64_v3", który nie był ponownie automatycznie aktualizowany [14]. Podobne zamiary mieli także developerzy systemu operacyjnego Arch Linux [14], jednakże ostatecznie nie zostało to oficjalnie wdrożone. Istnieje natomiast projekt, w którym podjęto pracę nad takim rozwiązaniem i udostępniono pakiety dla Arch Linux budowane zarówno w architekturze x86_64_v2 jak i x86_64_v3 [15].

## PRZYKŁADY UŻYCIA ARCHITEKTURY X86_64_V2 ORAZ X86_64_V3

Jedynym systemem operacyjnym, który do tej pory wprowadził pełną obsługę pakietów zbudowanych w architekturze x86_64_v3 jest bazujący na Arch Linux – CachyOS [16]. W tej dystrybucji planowana jest także obsługa architektury x86_64_v4 [17]. Wspomniany CachyOS został zestawiony z takimi systemami, jak Clear Linux (zoptymalizowana pod benchmarki dystrybucja tworzona przez Intela), EndeavourOS (system również bazujący na Arch Linux), Fedora (dystrybucja sponsorowana przez Red Hat) oraz Ubuntu (tworzone przez Canocnical). W teście wydajnościowym przeprowadzonym przez portal Phoronix system CachyOS zajął drugie miejsce za systemem Clear Linux [18]. Wyniki tego testu

pokazały, iż używanie architektury x86_64_v3 potrafi znacząco podnieść wydajność systemu operacyjnego. Może mieć to wielorakie zastosowanie – od tworzenia bardziej wydajnych aplikacji i systemów operacyjnych dla klienta końcowego, po używanie takiego środowiska pracy we własnym zakresie. Zwiększona wydajność jest pożądanym efektem końcowym zarówno do pracy jak i do rozrywki. Można zatem powiedzieć, iż użycie x86_64_v3 zarówno w biznesie jak i do celów prywatnych jest bardzo korzystnym rozwiązaniem.

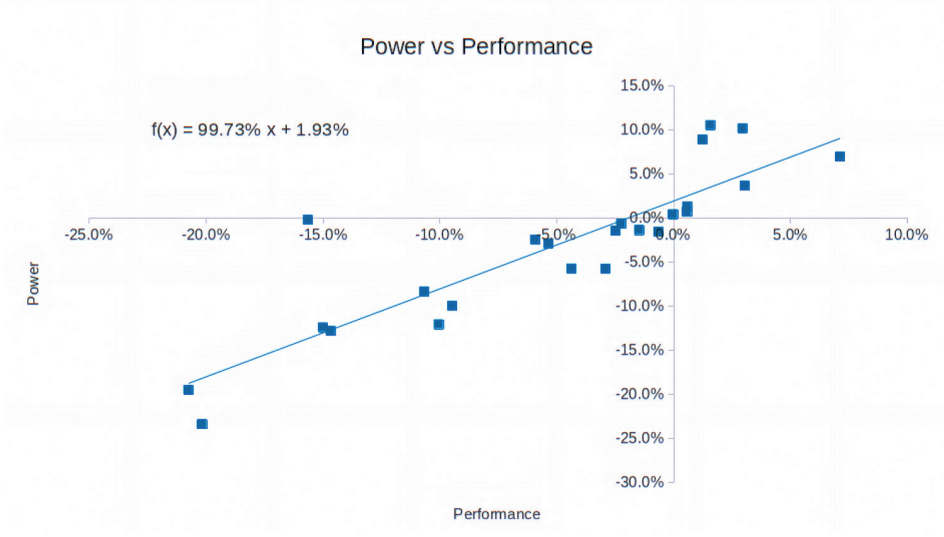
**Rysunek 1. Wyniki testów wydajnościowych przedstawione na stronie Phoenix**




*Źródło: https://www.phoronix.com/review/cachyos-linux-perf/5.*

W kolejnym teście, który został przeprowadzony przez użytkownika portalu Github, zestawiono standardowe pakiety z Arch Linux (skompilowane w generycznej architekturze x86_64) z pakietami CachyOS (zoptymalizowanymi pod architekturę x86_64_v3) [19]. W swoim teście Peter O'Connor wykazał, iż korzystanie z optymalizacji przeważnie jest korzystne, natomiast wadą stosowania architektury x86_64_v3, jest znacznie większy pobór mocy sprzętu. Finalnie jednak otrzymuje się lepszą ogólną wydajność [20].

**Rysunek 2. Porównanie poboru mocy oraz wydajności dla analizowanych architektur**




*Źródło:https://raw.githubusercontent.com/sunnyflunk/sunnyflunk.github.io/main/_posts/img/20230115.png.*

Warto podkreślić, że nie wszystkie pakiety można optymalizować przy użyciu architektury x86_64_v3. Przykładem tutaj może być projekt ALHP [21]. W przytoczonym przykładzie niektóre pakiety nie budują się, a inne działają wadliwie, w efekcie czego zostały dodane do blacklisty.

Aby zapewnić prawidłowe działanie systemu operacyjnego skompilowanego w architekturze innej niż x86_64, konieczne jest zastosowanie kilku zmian, między innymi w menedżerze pakietów. Za przykład posłuży tutaj dystrybucja CachyOS, która w ocenie autorów niniejszego artykułu wprowadziła najlepsze i najbezpieczniejsze dla użytkownika końcowego rozwiązania. Kluczowym czynnikiem jest wprowadzenie mechanizmu autodetekcji architektur. We wspomnianej dystrybucji CachyOS, wprowadzono odpowiednie rozwiązanie [22]. Autodetekcja wykrywa flagi procesora na zainstalowanym systemie operacyjnym [22] oraz na tej podstawie dokonuje detekcji odpowiedniej architektury [23]. Jak można zauważyć, architektury te cechują się wsteczną kompatybilnością – zatem architektury x86_64_v2 można używać mając sprzęt wspierający x86_64_v3. Mając natomiast sprzęt kompatybilny z architekturą x86_64_v4, można używać

także x86_64_v2 oraz x86_64_v3. Można zatem postawić pytanie: Co daje taka autodetekcja? Otóż, uniemożliwia ona zainstalowanie niewspieranej architektury – jeśli dysponujemy sprzętem obsługującym maksymalnie x86_64_v3, nie będzie możliwości zainstalowania x86_64_v4.

Kolejnym ważnym krokiem podjętym przez developerów CachyOS było umożliwienie użytkownikom budowania pakietów w architekturach innych niż x86_64. Do kodu źródłowego została dodana nowa opcja i w jej efekcie w ustawieniach menedżera pakietów pojawił się adekwatny wpis [24]. Domyślnie przyjmuje ona wartość generyczną i użytkownik wedle potrzeb może ją zmienić. Najpierw jednak należy sprawdzić w systemie operacyjnym jaką architekturę obsługuje posiadany sprzęt komputerowy.

**Fragment kodu 1. Sposób sprawdzenia posiadanej architektury x86_64 na systemie Linux**

```
lucjan at cachyos ~ 15:10:39
❯ /lib/ld-linux-x86-64.so.2 --help | grep supported
    STDIN
    Subdirectories of glibc-hwcaps directories, in priority order:
      x86-64-v4
      x86-64-v3 (supported, searched)
      x86-64-v2 (supported, searched)
lucjan at cachyos ~ 15:10:48
❯
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Mając już informację na temat posiadanej architektury, można dokonać modyfikacji ustawień menedżera pakietów.

**Fragment kodu 2. Modyfikacja menedżera pakietów**

```
lucjan at cachyos ~ 15:14:34
❯ cat /etc/makepkg.conf | grep PACKAGECARCH
    STDIN
CHOST="x86_64-pc-linux-gnu"
#-- That will be applied only at the package() stage.
PACKAGECARCH="x86_64_v3"

#-- Compiler and Linker Flags
lucjan at cachyos ~ 15:14:56
❯
```

*Źródło:* opracowanie *własne.*

Krótki eksperyment pozwoli ocenić, czy dane rozwiązanie działa prawidłowo. Eksperyment zostanie podzielony na dwa etapy. W pierwszym zostanie sprawdzona detekcja posiadanej architektury (x86_64_v3) natomiast w drugim niewspieranej (x86_64_v4).

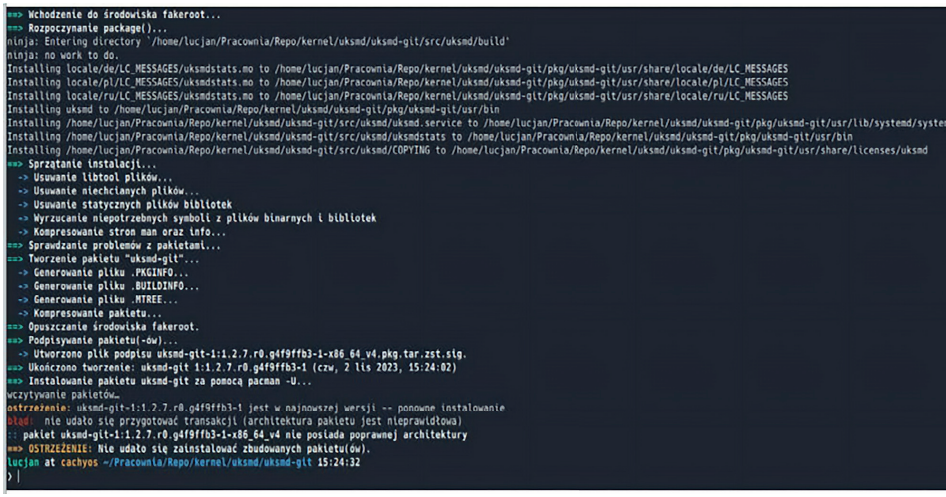
Pierwszy etap eksperymentu zakończył się pełnym powodzeniem i paczka została zainstalowana w systemie operacyjnym.

**Fragment kodu 3. Udana próba zainstalowania pakietu zbudowanego w architekturze x86_64_v3**


*Źródło: opracowanie własne.*

Próba zainstalowania paczki zbudowanej x86_64_v4 zakończyła się natomiast niepowodzeniem.

**Fragment kodu 4. Nieudana próba zainstalowania pakietu zbudowanego w architekturze x86_64_v4**




*Źródło: opracowanie własne.*

W tym jednak wypadku niepowodzenie drugiej fazy eksperymentu oznacza, że detekcja architektury została zaimplementowana prawidłowo i dlatego zablokowano możliwość zainstalowania programu zbudowanego w niewspieranej architekturze.

## PODSUMOWANIE

Jak pokazano w niniejszej publikacji, używanie x86_64_v2 oraz x86_64_v3 w miejsce generycznego x86_64 niesie ze sobą zarówno korzyści jak i potencjalne regresje. Niemniej jednak, testy przeprowadzone przez portal Phoronix wykazały, że system skompilowany w architekturze x86_64_v3 w przeważającej części testów działa zdecydowanie wydajniej niż taki, który został skompilowany x86_64. Iteracje te zostały dostrzeżone po latach przez upstream oraz takie korporacje jak RedHat (IBM), czy SUSE (Micro Focus). Wykazały one zainteresowanie optymalizacją swojego oprogramowania, tworzonego w tych architekturach. Problemy z kompatybilnością wsteczną nie będą tutaj przeszkodą, gdyż ciężko jest nie zgodzić się ze stwierdzeniem, że większość użytkowników zarówno komercyjnych

jak i prywatnych posiada sprzęt obsługujący zarówno x86_64_v3 (lata 2014/2015), a tym bardziej x86_64_v2 (lata 2009/2010).

Autorzy niniejszego artykułu uważają, że korzyści płynące z tego rozwiązania odczują wszyscy, ponieważ oprogramowanie zoptymalizowane pod konkretną architekturę będzie działało zauważalnie lepiej, o czym wspomniano wcześniej, a dodatkowo zostało to wykazane przez testy porównawcze. Architektura x86_64_v4 przez długi czas pozostanie natomiast raczej ciekawostką niż realnym rozwiązaniem stosowanym w biznesie. Procesory Intela od 12 generacji ponownie nie wspierają tej architektury, a AMD zaimplementowało to dopiero pod koniec 2022 roku. Rozwiązanie to cechuje się bardzo ograniczoną ilością wspieranego sprzętu, brakiem kompatybilności ze starszymi architekturami (w artykule wykazano, że architektury x86_64_v4 nie da się zastosować na procesorach wspierających x86_64_v3 oraz starszych) oraz krytycznym podejściem osób cenionych w branży IT, takich jak chociażby Linus Torvalds. Wiele wskazuje więc na to, iż to x86_64_v3 zostanie spopularyzowane i na długie lata pozostanie powszechnie używaną architekturą. Dziwić natomiast może fakt, że dopiero od 3 lat istnieje możliwość pełnego i bezproblemowego korzystania z tych rozwiązań, choć pierwsze implementacje tego powstały już ponad 10 lat temu. Z drugiej zaś strony, nawet po wprowadzeniu architektury x86_64 przez długie lata wielu użytkowników dalej używało architektury 32 bitowej (i386/i486/i586/i686) i dopiero po porzuceniu tego rozwiązania przez upstream, zostali oni niejako zmuszeni do migracji na nowe rozwiązania. Podobnie będzie i w tym przypadku – postęp technologiczny wymaga długich lat testów, by końcowe rozwiązanie działało stabilnie oraz prawidłowo. Po dwóch latach używania wyżej wymienionych rozwiązań autorzy publikacji uważają, iż w przypadku stosowania iteracji x86_64_v3, jej zalety zdecydowanie przewyższają wady. Zainteresowania korporacji takich jak Red Hat jasno pokazują, że to nieunikniona przyszłość i już niedługo takie rozwiązania staną się najprawdopodobniej obowiązującym standardem.

Biorąc pod uwagę przeprowadzane testy można jednoznacznie stwierdzić, że stosowanie architektur x86_64_v2/v3 jest dobrym posunięciem. Zalety tego rozwiązania są zdecydowanie większe niż wady, wynikające z braku wsparcia dla tego rozwiązania w przypadku części oprogramowania. Warto jednak pamiętać o kompatybilności wstecznej, która umożliwia korzystanie z oprogramowania budowanego w oparciu o x86_64 w środowisku zbudowanym w standardzie x86_64_v3. Z pewnością popularyzacja tego rozwiązania sprawi, że twórcy oprogramowania w swoich projektach

z czasem usuną związane z tym problemy, więc za kilka lat najprawdopodobniej o tych niedogodnościach nikt nie będzie już pamiętał. Kolejnym atutem tego rozwiązania jest fakt, że działa ono zarówno na procesorach AMD oraz Intela, dokładnie tak samo jak ma to miejsce w przypadku generycznej architektury x86_64. Problemy z implementacją iteracji x86_64_v4 sprawią, że to właśnie v3 na długie lata zastąpi klasyczną architekturę 64 bitową. Jak już zostało wspomniane, architektura ta teoretycznie może zaalokować aż 17 miliardów GB pamięci operacyjnej, co najpewniej wyklucza konieczność wprowadzenia architektury 128 bitowej do powszechnego użytku. Wsparcie korporacji takich jak Red Hat czy Canonical, które są liderami w dostarczaniu rozwiązań serwerowych spowoduje, że architektura x86_64_v3 szybko trafi do głównego nurtu branży IT. Nieograniczony popyt na coraz większą wydajność środowiska pracy wymusza wprowadzanie coraz bardziej innowacyjnych rozwiązań, a przykład CachyOS pokazuje, że zastosowanie tej architektury jako głównej znacząco podnosi wyniki uzyskiwane w testach wydajnościowych, nie wpływając zarazem negatywnie na stabilne działanie.

## BIBLIOGRAFIA


1. https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/amd64 (stan na dzień: 02.11.2023).
2. https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005898/processors.html (stan na dzień: 02.11.2023).
3. https://archlinux.org/news/phasing-out-i686-support/ (stan na dzień: 02.11.2023).
4. https://www.phoronix.com/news/GCC-11-x86-64-Feature-Levels (stan na dzień: 02.11.2023).
5. https://gitlab.com/x86-psABIs/x86-64-ABI/-/blob/master/x86-64-ABI/low-level-sys-info.tex (stan na dzień: 02.11.2023).
6. https://www.makeuseof.com/what-is-avx-512-why-intel-killing-it/ (stan na dzień: 02.11.2023).
7. https://gitlab.com/x86-psABIs/x86-64-ABI/-/blob/master/x86-64-ABI/low-level-sys-info.tex (stan na dzień: 02.11.2023).
8. https://www.makeuseof.com/what-is-avx-512-why-intel-killing-it/ (stan na dzień: 02.11.2023).
9. https://www.phoronix.com/news/Linus-Torvalds-On-AVX-512 (stan na dzień: 02.11.2023).

10. https://developers.redhat.com/blog/2021/01/05/building-red-hat-enterprise-linux-9-for-the-x86-64-v2- microarchitecture-level#architectural considerations for rhel 9 (stan na dzień: 02.11.2023).
11. https://www.phoronix.com/news/RHEL-9-x86-64-v2-Plans (stan na dzień: 02.11.2023).
12. https://www.phoronix.com/news/RedHat-RHEL10-x86-64-v-3-Explore (stan na dzień: 15.01.2024).
13. https://www.phoronix.com/review/ubuntu-x86-64-v3-benchmark (stan na dzień: 15.01.2024).
14. https://news.opensuse.org/2023/03/02/tw-gains-optional-optimizations/ (stan na dzień: 02.11.2023).
15. https://www.phoronix.com/news/openSUSE-TW-x86-64-v3-RPM (stan na dzień: 02.11.2023).
16. https://www.phoronix.com/news/Arch-Linux-x86-64-v3-Port-RFC (stan na dzień: 02.11.2023).
17. https://somegit.dev/ALHP/ALHP.GO (stan na dzień: 02.11.2023).
18. https://wiki.cachyos.org/cachyos repositories/what is the cachyos repo/ (stan na dzień: 02.11.2023)
19. https://www.phoronix.com/review/cachyos-linux-perf (stan na dzień 02.11.2023).
20. https://www.phoronix.com/review/cachyos-linux-perf/5 (stan na dzień: 02.11.2023).
21. https://github.com/sunnyflunk (stan na dzień: 02.11.2023).
22. https://sunnyflunk.github.io/2023/01/15/x86-64-v3-Mixed-Bag-of--Performance.html (stan na dzień: 02.11.2023).
23. https://alhp.dev/packages.html (stan na dzień: 02.11.2023).
24. https://github.com/CachyOS/pacman/commit/076bd5590f-2f4a9684b07f2d4d40513dbd0ed4a7 (stan na dzień: 02.11.2023)

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 133-160
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Zbigniew Handzel**
dr inż., prof. WSEI, Zakład Informatyki
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: zhandzel@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1470-6592

**Netbloger**
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie, Zakład Informatyki

**Anna Stolińska**
dr, prof. WSEI, Zakład Informatyki
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: astolinska@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-0979-011X

**Krzysztof Tyl**
dr inż., IT Challenge,
University of Vienna,
Austria

**Wojciech Urbanczyk**
dr inż., Faculty of Computer Science,
University of Vienna,
Austria

**Jan Werewka**
dr hab. inż., prof. WSEI, Zakład Informatyki
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: jwerewka@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0002-2308-2374

# STUDIA W ZAKRESIE CYBERBEZPIECZEŃSTWA, A ZAPEWNIENIE POTRZEB BEZPIECZEŃSTWA IT/OT W PRZEDSIĘBIORSTWACH

## CYBERSECURITY STUDIES AND ENSURING IT/OT SECURITY NEEDS IN ENTERPRISES

***Słowa kluczowe:*** *cyberbezpieczeństwo, programy studiów, bezpieczeństwo cyfrowe firm*
***Key words:*** *cybersecurity, study programs, digital security of companies*

**JEL Classification:** A2, C8, I2, L2, P4

### Streszczenie

W dobie rosnącej cyfryzacji przedsiębiorstw kwestia cyberbezpieczeństwa staje się jednym z kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki. W obliczu coraz bardziej zaawansowanych ataków cybernetycznych, przedsiębiorstwa na całym świecie muszą nie tylko wdrażać nowe technologie, ale również inwestować w pracowników. W zależności od struktury firmy

stosowane są różne podejścia zatrudniania specjalistów, którzy mają zapewnić bezpieczeństwo cyfrowe w przedsiębiorstwie. Dokonywane jest to przez zatrudnianie specjalistów w zakresie cyberbezpieczeństwa, zawieranie umów ze specjalistycznymi firmami lub działania doraźne, takie jak zlecanie firmom przeprowadzenie audytu i wdrożenie rozwiązań bezpieczeństwa cyfrowego. Z drugiej strony dla uczelni ważne jest przygotowanie studentów do pracy związanej z cyberbezpieczeństwem firm. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie propozycji budowania kompetencji wg zasady stosowanej w metodykach zwinnych zarządzania (generalist, specialist), zgodnie z którą członkowie zespołu powinni być specjalistami w jednym obszarze, a w pozostałych powinni mieć kompetencje na poziomie ogólnym. Taka koncepcja budowania kompetencji wynika z faktu, że uczelnie nie są w stanie w pełni sprostać wymaganiom wobec kompetencji studentów, stawianym przez firmy. Dodatkowo, artykuł analizuje współczesne wyzwania bezpieczeństwa związane z integracją systemów IT i OT w przedsiębiorstwach. Ważnymi zagadnieniami tych systemów są sprzeczne ze sobą rozwiązania integracji i segmentacji (izolacji) elementów systemów, mające swoje korzyści i wady ze względu na cyberbezpieczeństwo. W zrozumieniu potrzeb i luk kompetencyjnych określających potrzeby szkoleniowe dla zatrudnianych absolwentów pomoże podejście holistyczne, wsparte poprzez modele architektury korporacyjnej.

**Abstract**

In the era of increasing digitalization of enterprises, the issue of cybersecurity is becoming one of the key challenges of the modern economy. In the face of increasingly sophisticated cyberattacks, companies worldwide must not only implement new technologies but also invest in their employees. Depending on the structure of the company, various approaches are used to hire specialists responsible for ensuring digital security within the organization. This is achieved by hiring cybersecurity specialists, entering into agreements with specialized firms, or taking ad-hoc actions such as commissioning companies to conduct audits and implement digital security solutions. On the other hand, it is crucial for universities to prepare students for work related to corporate cybersecurity. The purpose of this article is to propose a method for building competencies based on the principle applied in agile management methodologies (generalist, specialist), according to which team members should be specialists in one area and have general-level competencies in others. This concept of competency building stems from the fact that universities are unable to fully meet the

competency requirements set by companies for their students. Additionally, the article analyzes contemporary security challenges related to the integration of IT and OT systems in enterprises. Key issues in these systems involve conflicting solutions of integration and segmentation (isolation) of system components, which have both advantages and disadvantages in terms of cybersecurity. Understanding the needs and competency gaps that define training requirements for newly hired graduates can be facilitated by a holistic approach supported by enterprise architecture models.

## WSTĘP

Aktualnie w firmach pierwszorzędne znaczenie ma zapewnienie bezpieczeństwa cyfrowego. Jednym ze sposobów radzenia sobie z tego rodzaju problemem jest zatrudnienie specjalistów z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego. W zależności od potrzeb specjaliści ci mogą być zatrudniani na różnych stanowiskach, tj.: specjalista ds. cyberbezpieczeństwa, analityk bezpieczeństwa informatycznego, administrator systemów bezpieczeństwa, audytor bezpieczeństwa IT, konsultant ds. zarządzania ryzykiem i zabezpieczeń, specjalista ds. reagowania na incydenty cybernetyczne, penetrator testujący bezpieczeństwo, specjalista ds. ochrony danych osobowych i zgodności z przepisami, inżynier bezpieczeństwa sieciowego. Lista tych specjalistów jest długa i wskazuje na potrzeby posiadania kompetencji zgodnie z proponowanym stanowiskiem.

Dodatkowym problemem jest to, że przy rozpatrywaniu bezpieczeństwa bardzo często rozważa się bezpieczeństwo IT w oderwaniu od działalności operacyjnej przedsiębiorstwa. Okazuje się, że w wielu przypadkach bezpieczeństwo operacyjne odgrywa kluczową rolę. Bezpieczeństwo IT rozumiane jest jako bezpieczeństwo, w którym dane są najważniejszym aktywem, których bezpieczeństwo powinno być brane pod uwagę w pierwszej kolejności. Dla wielu firm jednakże zakłócenie działalności operacyjnej może przynieść wielkie szkody. Przez lata istniała tendencja ścisłej integracji działalności IT (Information Technology) i OT (Operational Technology). Miało to wiele zalet, a w szczególności to, iż z jednego stanowiska mogliśmy kontrolować i sterować działalnością operacyjną. Taki sposób integracji niósł duże ryzyko tego, że poprzez systemy IT można było zakłócić działalność operacyjną. Rozwiązania tego problemu szukano w segmentacji systemów IT/OT. W tym przypadku przekazywanie danych pomiędzy segmentami było odpowiednio kontrolowane.

Zwykle programy studiów dotyczących technologii IT koncentrują się w dużej mierze na bezpieczeństwie tych technologii. Jednakże wraz ze wzrostem złożoności architektury IT w przedsiębiorstwach o charakterze produkcyjnym bardzo ważne stało się uwzględnienie bezpieczeństwa na poziomie operacyjnym w powiązaniu z bezpieczeństwem IT. Tradycyjnie w przedsiębiorstwie posiadającym rożnego rodzaju formy produkcji wyróżniamy dwa obszary IT (Information Technolgy) i OT (Operation Technology), dla których stosuje się różne podejścia. Zazwyczaj OT dotyczy bezpiecznych operacji i sterowania fizycznymi urządzeniami i procesami, natomiast IT dotyczy zarządzania informacją i komunikacją oraz przetwarzania danych i informacji. We współczesnym świecie następuje konwergencja obu obszarów, co może powodować zagrożenie bezpieczeństwa całego przedsiębiorstwa w przypadku łatwego dostania się z jednego obszaru do drugiego. Dlatego dla wielu systemów IT/OT ważne jest połączenie zagadnień bezpieczeństwa dla obu tych obszarów. Poniższe wybrane przykłady pokazują, że bezpieczeństwo systemów OT jest równie ważne jak bezpieczeństwo systemów IT [1]:

1. Atak na rurociąg przesyłowy ropy naftowej. W 2021 (Colonial Pipeline) spowodował zawieszenie operacji przesyłania ropy. Hakerzy uzyskali dostęp do systemu poprzez użycie konta do wirtualnej, prywatnej sieci.
2. Atak na niemiecką stalownię. W 2014 roku niemiecka stalownia została zaatakowana przez hakerów, co spowodowało przerwanie pracy pieca hutniczego. Atakujący uzyskali dostęp do sieci biznesowej, a następnie do sieci SCADA/ICS (Supervisory Control and Data Acquisition / Industrial Control Systems).
3. Awaria systemu kontroli lotów. W 2019 roku awaria systemu kontroli lotów w Stanach Zjednoczonych spowodowała zakłócenia w ruchu lotniczym w wielu częściach kraju. Incydent ten wywołał obawy dotyczące bezpieczeństwa systemów krytycznych i potrzeby zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony przed awariami.

Pod względem bezpieczeństwa połączonych systemów IT i OT należy uwzględnić sprawdzone i istniejące już na rynku standardy bezpieczeństwa. Różnice technologiczne pomiędzy IT i OT, które tradycyjnie oddzielały te różne dyscypliny, obecnie szybko zanikają. Aby zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa, nie wystarczy już polegać na specyfice technologii stosowanych w infrastrukturze przemysłowej.

Jednym z celów tego artykułu jest analiza luk kompetencyjnych absolwentów w szczególności dotyczących systemów IT/OT, którzy będą

zatrudnieni w firmach jako specjaliści w zakresie cyberbezpieczeństwa. Znajomość tych luk jest bardzo istotna, gdyż incydenty cyberbezpieczeństwa są zjawiskami losowymi, obciążonymi różnymi ryzykami. Ponieważ absolwenci nie mogą być specjalistami w każdej dziedzinie, to rozważa się tutaj rozwijanie kompetencji zgodnie z literą T. Oznacza to, że absolwent powinien mieć wiedzę ogólną z wielu obszarów bezpieczeństwa (ang. generalist), natomiast w jednym z nich powinien być specjalistą. Wiedza ogólna jest tu istotna, gdyż pracownik powinien być świadomy różnych zagrożeń i konieczności zwracania się o pomoc do innych specjalistów. Do zdobywania wiedzy ogólnej mogą posłużyć rozwiązania architektury korporacyjnej, które cechują się podejściem całościowym (holistycznym). Chcemy przy tym podkreślić znaczenie współpracy między uczelniami, a przemysłem w celu lepszego przygotowania studentów do realiów pracy w sektorze cyberbezpieczeństwa.

## ROZWÓJ KOMPETENCJI BEZPIECZEŃSTWA CYFROWEGO PRZEDSIĘBIORSTW NA STUDIACH INFORMATYCZNYCH

W niniejszym artykule poddano analizie studia na kierunku informatyka stosowana, na których wyodrębniono specjalizacje przedstawione jako moduły. Zakłada się w nich, że absolwent specjalności cyfrowego bezpieczeństwa przedsiębiorstw będzie zdolny do rozwiązywania złożonych problemów związanych z bezpieczeństwem informacji i systemów informatycznych. Będzie posiadał wiedzę i umiejętności niezbędne do analizy, zapobiegania i reagowania na zagrożenia cybernetyczne oraz ochrony przedsiębiorstw w cyberprzestrzeni. Absolwent specjalności „Cyberbezpieczeństwo przedsiębiorstw" studiów II stopnia może pracować na różnych stanowiskach w obszarze cyberbezpieczeństwa w przedsiębiorstwach, instytucjach państwowych, kancelariach audytorskich, firmach konsultingowych, agencjach bezpieczeństwa informacji oraz w działach IT. Na rozpatrywanym kierunku Informatyki stosowanej wydzielono przedmiot kierunkowy Cyberbezpieczeństwo przedsiębiorstw (4 ECTS), którego nazwa jest jednakowa jak wspomniany powyżej moduł specjalnościowy. Na tym module prowadzone są następujące przedmioty (każdy za 4 ECTS):

1. Standardy cyberbezpieczeństwa.
2. CCNA CyberOps Associate.
3. CCNP Enterprise.

4. DevNet Associate.
5. Laboratorium cyberbezpieczeństwa.

Przedstawione rozwiązanie zakłada, że student uzyska pogłębioną wiedzę specjalistyczną z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego bazując na rozwiązaniach CISCO. Natomiast w ramach innych przedmiotów powinien uzyskać ogólną wiedzę. Wiedza szczegółowa powinna pozwolić na wykonanie wielu zadań technicznych takich jak: konfigurowanie narzędzi monitorujących i wykrywanie zagrożeń, zarządzanie incydentami bezpieczeństwa oraz przeprowadzanie analizy działań reaktywnych i proaktywnych; testowanie i analiza bezpieczeństwa: przeprowadzanie testów bezpieczeństwa aplikacji i infrastruktury, analizowanie logów i zdarzeń oraz wykrywanie i reagowanie na incydenty.

Kompetencje ogólne absolwenta będą obejmować m.in.:

- Projektowanie i implementację rozwiązań bezpieczeństwa, które polega na identyfikowaniu i analizie zagrożeń oraz tworzenie strategii i rozwiązań mających na celu zabezpieczenie systemów informatycznych przedsiębiorstw.
- Zarządzanie ryzykiem i przeprowadzenie audytów bezpieczeństwa polegających na ocenie ryzyka związanego z cyberbezpieczeństwem przedsiębiorstw, stosowaniu metodyki zarządzania bezpieczeństwem oraz przeprowadzanie audytów bezpieczeństwa. Przewidziana jest także identyfikacja słabych punktów w systemach informatycznych i opracowanie zabezpieczeń.
- Opracowywanie strategii reagowania na zagrożenia i doskonalenie procesów bezpieczeństwa. W wyniku tego wprowadzane są zmiany organizacyjne i rozwijana jest kultura bezpieczeństwa w przedsiębiorstwach.

Tak zbudowany moduł ma tę zaletę, że punkt ciężkości kompetencji bazuje na kursach i certyfikatach CISCO. Ten wybór ma swoje uzasadnienie w tym, że rozwiązania wspomnianej firmy są bardzo rozpowszechnione w przedsiębiorstwach.

Na rynku technologii informatycznych oprócz Cisco Systems pojawiły się w ostatnich latach konkurencyjne produkty takich firm jak: Fortinet, CrowdStrike, Netscaler, Amazon AWS, Microsoft Azure, PaloAlto, Juniper, czy Armis. Większość produktów tych firm konkuruje lepiej lub gorzej ze standardami wyznaczanymi od wielu już lat przez technologie Cisco. Dotyczą one rozwiązań w zakresie cyberbezpieczeństwa takich jak: Zero Trust, obrona przed np. Ransomware, czy spełniania wymogów standardów ISO 27001, ISO 42001 oraz BSI. Przyszłość IT należy do świata

wielu dostawców. Tylko ktoś, kto jest nieświadomy rozwoju IT, decyduje się na korzystanie z jednego dostawcy we wszystkich kwestiach związanych z technologiami teleinformatycznymi. Warto jednakże podkreślić, iż wspomniane technologie są oparte na standardach i protokołach, zatem dokładne zapoznanie się z jedną z tych platform i ugruntowanie wiedzy na temat jej wykorzystania powinno bez problemu pozwolić absolwentowi omawianej specjalności na łatwe nauczenie się korzystania z pozostałych rozwiązań.

Jednym z powodów wyboru w omawianym programie studiów rozwiązań Cisco jest to, iż największym problemem konkurencyjnych rozwiązań jest brak wykwalifikowanych kandydatów na stanowiska inżynierów, czy administratorów sieci IT. Autorzy niniejszego artykułu, będący jednocześnie twórcami programu studiów na kierunku Informatyka stosowana są świadomi tego, iż Cisco nie jest najtańszym z rozwiązań, ale argumentem przemawiającym za tym wyborem jest to, iż certyfikaty CCNA i CCNP są najbardziej powszechne i można się z nimi spotkać w wielu uniwersytetach i innych szkołach wyższych. Kursy dotyczące innych niż Cisco rozwiązań niestety w przypadku uczelni są rzadkością. Ponadto autorzy niniejszego artykułu pragną podkreślić, iż w przypadku firm chcących korzystać z rozwiązań innych dostawców niż Cisco, tj. np. produkty firm Fortinet lub PaloAlto, prawdopodobnie będą one musiały zatrudnić kandydatów posiadających już certyfikat CCNA lub CCNP i zainwestować w ich dalsze szkolenie i rozwój.

Produkty Cisco są popularne i dobrze znane, a ponadto istnieją na rynku od długiego już czasu, a jednocześnie Cisco ustanowiło wysoko poprzeczkę w zakresie szkoleń i certyfikatów. CCNA nadal jest de facto ścieżką dostępu do certyfikatu sieciowego, od której większość specjalistów zaczyna swoją karierę. Chociaż certyfikaty Cisco, które można uzyskać następnie po CCNA są bardzo skoncentrowane na produktach Cisco i nie są ogólnymi certyfikatami sieciowymi, to powinno się na to patrzeć jak na naturalną ciągłość biznesową.

Ponadto warto w tym miejscu podkreślić, że kiedy dobrze pozna się środowisko Cisco, można łatwo poznać większość środowisk innych dostawców. Trzeba tylko „dostosować" pewne pojęcia i słownictwo innego typu sprzętów, co dla specjalistów nie powinno być zbyt skomplikowane. Certyfikat CCNA trzeba w tym przypadku potraktować jako podstawę wiedzy ogólnej i z pewnością nie zaszkodzi dowiedzieć się jak działa np. IOS. Podsumowując, powinno się doceniać kwalifikacje uzyskane podczas pracy z systemami Cisco, ponieważ dają one solidne podstawy wiedzy

niezbędnej do pracy z produktami innych dostawców. Znalezienie specjalistów posiadających certyfikaty i doświadczenie np. PaloAlto i jednocześnie wiedzę ogólną z sieci IT będzie trudne. W tym przypadku będzie się wybierać pomiędzy dopłatą za sprzęt Cisco, albo dopłatą dla inżyniera ze znajomością technologii PaloAlto czy Fortinet. W ten sposób można próbować oszacować koszt związany z luką kompetencyjną.

Omawiany moduł Cyberbezpieczeństwa przedsiębiorstw zapewnia studentom zdobycie wiedzy nie tylko z zakresu technicznych aspektów bezpieczeństwa, ale również z dziedzin takich jak prawo, zarządzanie ryzykiem oraz ekonomia. Pozwala to na przygotowanie przyszłych specjalistów, którzy będą w stanie holistycznie podchodzić do problemów związanych z bezpieczeństwem cyfrowym w przedsiębiorstwach, uwzględniając nie tylko aspekty techniczne, ale również organizacyjne i prawne.

## STUDIA BAZUJĄCE NA KURSACH I CERTYFIKATACH Z ZAKRESU BEZPIECZEŃSTWA CYFROWEGO PRZEDSIĘBIORSTW

W praktyce firmowej i uczelnianej rozpowszechniły się kursy i certyfikaty związane z bezpieczeństwem IT. Kursy te zwykle są dobrze dostosowane do potrzeb różnorodnych firm. Takie certyfikaty potwierdzają wiedzę oraz rozwijają szereg umiejętności w zakresie bezpieczeństwa cyfrowego. Na wielu z tych kursów przekazuje się informacje ogólne z zakresu podstaw bezpieczeństwa cyfrowego przedsiębiorstw oraz omawia podstawowe standardy cyberbezpieczeństwa. Zwykle w tym przypadku jest dostarczana wiedza uniwersalna i niezależna od dostawców oprogramowania i sprzętu komputerowego. Inną grupą są kursy i certyfikaty rozwijane przez instytucje i firmy dostarczające rozwiązania z zakresu bezpieczeństwa. Kursy i certyfikaty CISCO, które zyskały na popularności to przykładowo:

1. CCNA CyberOps Associate [2]. Certyfikat przeznaczony dla specjalistów zajmujących się wykrywaniem i reagowaniem na incydenty cybernetyczne.
2. CCNP Enterprise (Cisco Certified Network Professional – Enterprise) [3]). Zaawansowany certyfikat Cisco, który skupia się na zaawansowanych umiejętnościach z zakresu sieci komputerowych i infrastruktury przedsiębiorstwa. Dotyczy rozwoju umiejętności takich jak: routing, przełączanie, bezpieczeństwo, rozwiązywa-

nie problemów i zarządzanie infrastrukturą sieciową w dużych organizacjach.

3. DevNet Associate (Cisco Certified DevNet Associate) [4]). Jest to certyfikat odpowiedni zarówno dla programistów, jak i administratorów sieci, którzy chcą nauczyć się programować i automatyzować operacje sieciowe przy użyciu narzędzi i technologii Cisco. Certyfikat dotyczy podstaw programowania, zarządzania infrastrukturą sieciową w sposób programowy, rozwiązywania problemów i tworzenia aplikacji zorientowanych na rozwiązania sieciowe.

Cyberbezpieczeństwo za główny cel stawia chronienie zasobów przedsiębiorstwa. Przyglądając się rynkowi oraz przedsiębiorstwom możemy wyodrębnić następujące czynniki, które mają wpływ na zasoby chronione w przedsiębiorstwie:

- miejsce składowania/przetwarzania/transmisji danych: w siedzibie firmy (On premise), w chmurze (Cloud),
- platformy składowania/przetwarzania/transmisji danych: monoblok, mikroserwisy,
- technologia użyta do składowania/przetwarzania/transmisji danych: tradycyjne podejście do technologii tzw legacy (odziedziczone), programowe podejście do technologii tzw. Software Defined (zdefiniowane programowo).

Powyższe czynniki pokazują pewien trend do spajania wielu odrębnych dyscyplin, technologii w jedną całość powodując komplikacje w procesie np. bezpiecznego utrzymania platformy/produktu, a co za tym idzie bezpieczeństwa samych danych, które produkt generuje. Można także zaobserwować w przedsiębiorstwach kierunek zmierzający do minimalizacji czasu przestoju w dostępie do danych, co czasami wiąże się z migracją do chmury obliczeniowej.

Wszystkie wymienione zagadnienia oznaczają, że technologie używane na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat są coraz bardziej skomplikowane i złożone. Sytuacja ta oczywiście wpływa niekorzystnie z punktu widzenia przedsiębiorstwa oraz wyspecjalizowanego działu odpowiedzialnego za utrzymanie „produktu", a przede wszystkim ma ogromny wpływ na sam proces utrzymania „bezpiecznej platformy", czy bezpieczeństwa danych, które ten produkt generuje oraz przechowuje.

Biorąc pod uwagę powyżej wymienione argumenty możemy jednoznacznie stwierdzić, że nie ma jednej ścieżki kształcenia, kursu, który w/w pojęcia zawarłby w całości. W tej sytuacji byliśmy zmuszeni jako uczelnia do szukania „złotego środka", czyli podejścia interdyscyplinarnego w za-

kresie zagadnień, które mogłyby pokryć oczekiwania rynku oraz kształcić adekwatnie do zapotrzebowania studentów z cyberbezpieczeństwa.

Drugim niezmiernie ważnym elementem podczas wyboru kursów, na których oparliśmy kluczowe przedmioty w procesie kształcenia było to, aby kursy były „utrzymywane" przez duże jednostki z branży, które posiadają wieloletnie doświadczenie w danej dziedzinie. Stąd wybór padł na kursy firmy Cisco, dające gwarancję, że zagadnienia zawarte w kursach będą aktualne oraz będą na bieżąco aktualizowane.

Aktualny program kształcenia na kierunku studiów z zakresu cyberbezpieczeństwa bazuje na trzech filarach, które swoim zakresem obejmują trzy główne elementy z cyberbezpieczeństwa i jak również pokrywają się z trzema zespołami, które możemy spotykać w przedsiębiorstwach. Są to zespoły odpowiedzialne za:

- bezpieczeństwo systemów – SecOps,
- bezpieczeństwo sieci – SecNet,
- programowanie sieci i systemów – DevNet/DevOps.

Na takim założeniu bazowaliśmy określając listę szkoleń, które są w stanie sprostać naszym wymaganiom oraz zapotrzebowaniem rynku co do przyszłych pracowników w przedsiębiorstwie. Wybór padł na następujące kursy:

**a) CCNP Enterprise – 350-401 ENCOR**

Kurs ten jest najczęściej wybieranym kursem CISCO na poziomie profesjonalnym. Kurs ten obejmuje tematy: architektura, wirtualizacja, infrastruktura, diagnostyka, bezpieczeństwo, automatyzacja [5]. Rozpatrywany kurs w najnowszej wersji 8 stanowi punkt wyjścia do dalszego rozwoju i określenia kierunku, w którym chcemy poszerzyć swoje możliwości. Jest kilka ścieżek poszerzających wiedzę z tego zakresu:

- zaawansowane technologie rutowania i przełączania 300-410 ENARSI,
- technologie związane z rozległymi sieciami programowalnymi tzw. SD-WAN 300-415 ENSDWI,
- projektowanie sieci typu Campus, WAN oraz SDA 300-420 ENSLD
- technologie sieci bezprzewodowych oraz mobilnych WLAN 300-425 ENWLSD,
- technologie sieci multikastowych, QoS, bezpieczeństwo i hardening urządzeń 300-430 ENWLSI,
- automatyzacja sieci, programowanie, API oraz narzędzia 300-435 ENAUTO.

Ścieżki te dają duże możliwości dalszej edukacji pod kątem specjalizacji z danej dyscypliny adekwatnie do zapotrzebowania w przedsiębiorstwie.

Kurs CCNP Enterprise stał się bazą do opracowania przedmiotu o tej samej nazwie jako jeden z filarów do zajęć dydaktycznych prowadzonych w formie konwersatoriów oraz praktycznych laboratoriów. Po ukończeniu tego przedmiotu oraz spełnieniu określonych warunków student jest uprawniony do otrzymania certyfikatu CISCO ukończenia kursu, oraz uzyskuje zniżki na egzamin zewnętrzny.

**b) CyberOps Associate 200-201 CBROPS**

Kurs CyberOps został opracowany przez firmę CISCO dla osób o profilu Security Operations Center. Kurs ten zastąpił starszy kurs oferowany przez firmę CISCO o nazwie CCNA CyberOps. Kurs ten jest najczęściej wybieranym kursem CISCO na poziomie podstawowym obejmującym zagadnienia budowy, monitorowania bezpiecznych sieci oraz systemów komputerowych przy użyciu specjalizowanych narzędzi oraz technologii CISCO. Poruszane tematy dotyczą bezpieczeństwa danych, systemów oraz sieci: projektowanie, budowanie, monitorowanie, reagowanie, automatyzacja [6]. Kurs ten stanowi punkt wyjścia do dalszego rozwoju kompetencji:

- cyberbezpieczeństwo na poziomie zaawansowanym 350-201 CBRCOR,
- analiza kryminalistyczna oraz incydenty 300-215 CBRFIR,
- zagrożenia w systemach oraz sieciach 300-220 CBRTHD.

Kurs ten stał się bazą do opracowania przedmiotu o tej samej nazwie prowadzonego w formie konwersatoriów oraz praktycznych laboratoriów. Po ukończeniu tego przedmiotu oraz spełnieniu określonych warunków student jest uprawniony do uzyskania certyfikatu CISCO po ukończenia kursu oraz uzyskuje zniżki na egzamin zewnętrzny.

**c) DevNet Associate 200-901 DEVASC**

Kurs DevNet Associate (DEVASC) został opracowany przez firmę CISCO zarówno dla programistów, jak i administratorów sieci, którzy chcą nauczyć się programować i automatyzować sieci przy użyciu narzędzi i technologii Cisco. Kurs ten jest pierwszym kursem CISCO na poziomie podstawowym obejmującym zagadnienia związane z: programowaniem z wykorzystaniem języka Python, zarządzaniem urządzeniami sieciowymi za pomocą interfejsu API, podstawowymi zagadnieniami związanymi z sieciami, automatyzacje zadań sieciowych, IaC oraz DevOps przy użyciu języka Python [4]. Pełna lista zagadnień poruszanych dla każdej w/w pozycji znajduje się pod linkiem [7]. Kurs ten stanowi punkt wyjścia do dalszego rozwoju kompetencji w zakresie programowania sieci. Przykładowe możliwe dalsze ścieżki rozwoju:

- Cisco Certified DevNet Professional
- Cisco Certified DevNet Expert

Kurs ten stał się bazą do opracowania przedmiotu o tej samej nazwie, jako kolejny z filarów dla zajęć dydaktycznych prowadzonych w formie konwersatoriów oraz praktycznych laboratoriów. Po ukończeniu tego przedmiotu oraz spełnieniu określonych warunków student jest uprawniony do uzyskania certyfikatu CISCO po ukończenia kursu oraz uzyskuje zniżki na egzamin zewnętrzny.

Dzięki zintegrowaniu kluczowych kursów i certyfikacji CISCO, przedstawiony powyżej program kształcenia skoncentrował się na dostarczeniu specjalistycznej wiedzy, która jest zgodna z obecnymi wymaganiami rynku. Absolwenci będą dobrze przygotowani do pracy w dynamicznym i wymagającym środowisku, gdzie będą mogli skutecznie odpowiadać na zagrożenia cybernetyczne, projektować i implementować strategie bezpieczeństwa, a także zarządzać ryzykiem w różnorodnych kontekstach przedsiębiorstw. Ich kompetencje będą solidnie osadzone w głównych nurtach potrzeb współczesnych firm, co, w założeniach twórców programu, uczyni ich cenionymi specjalistami na rynku pracy, gotowymi do podjęcia wyzwań w obszarze cyberbezpieczeństwa. Należy jednak zauważyć, że współczesne przedsiębiorstwa coraz częściej stają przed wyzwaniem zapewnienia bezpieczeństwa złożonych systemów, które integrują technologie IT (Information Technology) z OT (Operational Technology). Konwergencja tych dwóch obszarów, choć przynosi liczne korzyści, generuje również nowe zagrożenia, które wymagają unikalnych kompetencji od specjalistów z zakresu cyberbezpieczeństwa. Aby skutecznie przygotować studentów do pracy w tej specyficznej i wymagającej dziedzinie, konieczne jest zidentyfikowanie luk kompetencyjnych oraz określenie kluczowych umiejętności niezbędnych na współczesnym rynku pracy.

Podsumowując, student uzyskuje wiedzę specjalistyczną związaną z rozwiązaniami CISCO, natomiast ta wiedza jest uzupełniana o wiedzę ogólną poprzez przedmioty kierunkowe i modułowe. W ten sposób absolwent ma kompetencje typowe dla podejścia zwinnego w kształcie litery T, to znaczy w jednej dziedzinie jest specjalistą, w pozostałych posiada wiedzę ogólną.

## ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM I AUDYTY BEZPIECZEŃSTWA

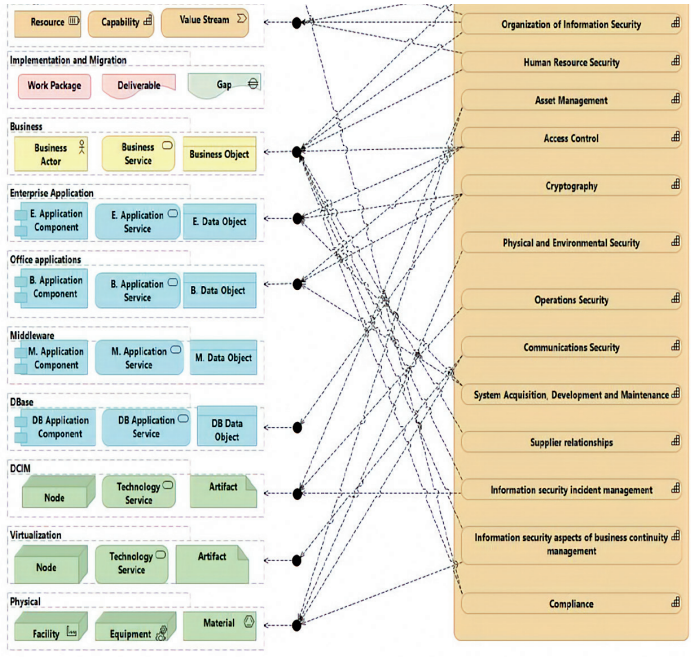
Naturalnym sposobem rozwiązywania problemów bezpieczeństwa w firmach jest wybranie i przestrzeganie uznanych standardów bezpieczeństwa. Wiąże się to jednak z następującymi pytaniami: jakie standardy

bezpieczeństwa powinny być stosowane i w jakim zakresie; w jakim stopniu stosowanie standardów eliminuje luki w bezpieczeństwie; czy stosowanie standardów znacząco ogranicza (spowalnia) działalność firmy; czy istnieje rozwiązanie, które nie wymagałoby dużych funduszy i ludzi, aby zapewnić zgodność z tymi standardami; wreszcie, jak obiecujące są wybrane rozwiązania dla przyszłości zarządzania bezpieczeństwem. Standardy bezpieczeństwa zapewnia się poprzez budowę systemu ISMS (Information Security Management System). Jedną z podstawowych kwestii w tym zakresie jest określenie, w jakim stopniu standardy bezpieczeństwa spełniają potrzeby bezpieczeństwa przedsiębiorstw.

Popularną rodziną norm, które ułatwiają zarządzanie bezpieczeństwem w organizacji dowolnego rodzaju dla wszystkich rodzajów zasobów informacyjnych są normy ISO / IEC 27000. W ramach tej grupy norm najbardziej powszechne są:

- Norma ISO/IEC 27000:2018 (Information technology – Security techniques – Information security management systems – Overview and vocabulary) [8], która definiuje ISMS i słownictwo używane w tej rodzinie norm.
- Norma ISO/IEC 27001:2013 [9], która definiuje wymagania dla ISMS. Norma ISO 27001 dzieli praktyki bezpieczeństwa na 14 domen kontroli (od 5 do 18). Rys. 1 przedstawia niektóre powiązania praktyk z aktywami przedsiębiorstwa.
- Norma ISO/IEC 42001:2023 określa wymagania dotyczące ustanawiania, wdrażania, utrzymywania i ciągłego doskonalenia Systemu Zarządzania Sztuczną Inteligencją (AIMS) w organizacjach. Jest ona przeznaczona dla podmiotów dostarczających lub wykorzystujących produkty lub usługi oparte na AI, zapewniając odpowiedzialny rozwój i użytkowanie systemów AI. Do celów normy ISO/IEC 42001 zaliczyć można m.in.: zachęcanie firm, aby podczas opracowywania i wdrażania sztucznej inteligencji traktowały dobro ludzi, bezpieczeństwo i doświadczenia użytkowników jako priorytet; pomaganie organizacjom w przestrzeganiu odpowiednich przepisów prawnych dotyczących ochrony danych lub obowiązków wobec zainteresowanych stron.

**Rys. 1. Odwzorowanie ISO27001 na aktywa firm**




*Źródło: opracowanie własne.*

Na Rys. 1 przedstawiono wszystkie aktywa przedsiębiorstwa w języku modelowania architektury korporacyjnej ArchiMate. W języku tym wyróżnia się następujące warstwy przedsiębiorstwa: motywacji, strategii, implementacji i migracji, a także podstawowe warstwy, którymi są: warstwa biznesowa, aplikacji, techniczna (infrastruktury) oraz warstwa fizyczna. Na rysunku zestawiono powiązania 14 domen bezpieczeństwa z elementami architektury przedsiębiorstwa. Ten sposób przedstawienia pozwala uzyskać całościowe (holistyczne) spojrzenie na normę i systemy IT dla których będą budowane strategie bezpieczeństwa.

## BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW W ORGANIZACJACH IT/OT

Standardy bezpieczeństwa IT nie zawsze są odpowiednie dla środowisk OT (technologii operacyjnych). Systemy OT mają m.in. różne wymagania

dotyczące wydajności i dostępności oraz żywotności sprzętu. Co więcej, cyberataki na systemy informatyczne mają zasadniczo konsekwencje gospodarcze, podczas gdy cyberataki na infrastrukturę krytyczną mogą również mieć poważny wpływ na środowisko, a nawet zagrażać zdrowiu i życiu publicznemu. Infrastruktura i konfiguracja OT opierają się często na definicjach i wymaganiach, które różnią się od wymagań infrastruktury przedsiębiorstwa. Infrastrukturę OT powinna m.in. cechować: wysoka dostępność, zabezpieczenia konstrukcyjnie, solidność, determinizm, szybka i prosta wymiana poszczególnych elementów, łatwość podłączenia do firmowego IT, uwzględnienie standardów bezpieczeństwa stosowanych w branży.

Infrastruktura i architektura OT powinny być ustandaryzowane (standaryzacja nie powinna zwiększać złożoności), dostosowane do istniejących maszyn, systemów i procesów, bezproblemowo integrować się z korporacyjnym IT. Infrastruktura OT umożliwia personelowi bez kompetencji IT do obsługi i konserwacji maszyn i procesów, niezależnie od lokalizacji możliwość dostępu do danych, dostosowanie do potrzeb firmy i jednocześnie elastyczność cyfryzacji. W rozwiązaniach IT/OT proponowane są następujące standardy:

NIST 800-82. Standard został stworzony w celu zapewnienia większej przejrzystości stosowania nowoczesnych strategii ograniczania ryzyka IT w świecie pozornie izolowanych urządzeń ICS, które są coraz częściej migrowane do infrastruktury IT. Celem tego standardu jest ograniczenie obszaru, na którym cyberprzestępczość może atakować podmioty infrastruktury krytycznej, takie jak, wytwórnie energii, producenci produktów farmaceutycznych, czy żywności. Standard NIST 800-82 ICS obejmuje: serwery proxy, segregację, monitorowanie, rejestrowanie i stosowanie protokołów bezpieczeństwa w ICS oraz ocenę zagrożeń stwarzanych przez ICS, które zwiększają się wraz z łącznością internetową.

IEC 62443. Seria norm IEC 62443 została opracowana w celu ochrony systemów automatyki przemysłowej i sterowania. Obecnie obejmuje dziewięć norm, raportów technicznych i specyfikacji technicznych i dotyczy nie tylko technologii systemu sterowania, ale także procesów pracy, środków zaradczych i pracowników. W normie przyjęto podejście całościowe, ponieważ nie wszystkie zagrożenia mają charakter technologiczny. W tej normie przyjęto podejście oparte na ryzyku, w oparciu o koncepcję, że próba jednakowej ochrony wszystkich zasobów nie jest ani skuteczna, ani trwała. Zamiast tego użytkownicy muszą zidentyfikować to, co jest najcenniejsze i najbardziej podatne na ataki, oraz zidentyfikować słabe punkty, co w końcu doprowadzi do zbudowania architektury obronnej zapewniającej ciągłość działania.

PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture). Model Architektury IT/OT Purdue został opracowany jako model referencyjny komputerowo zintegrowanej produkcji (CIM) dla całkowicie zautomatyzowanych procesów. Model ten został wprowadzony przez Theodora Wiliamsa i konsorcjum Uniwersytetu Purdue w roku 1992. Model ten pomimo tego, że jest dosyć stary to nadal spełnia wymagania segmentacji jako podstawowego rozwiązania w sferze bezpieczeństwa, zarówno sieci bezprzewodowych, jak i przewodowych oraz chroni sieć OT (Segmentacja może bazować na izolacji poszczególnych warstw). Model referencyjny Purdue jest modelem do systemów SCADA, obejmuje on 7 podstawowych warstw funkcjonalnych systemu (Rys. 2). Model Purdue oferuje szereg korzyści w zakresie zabezpieczania środowisk ICS:

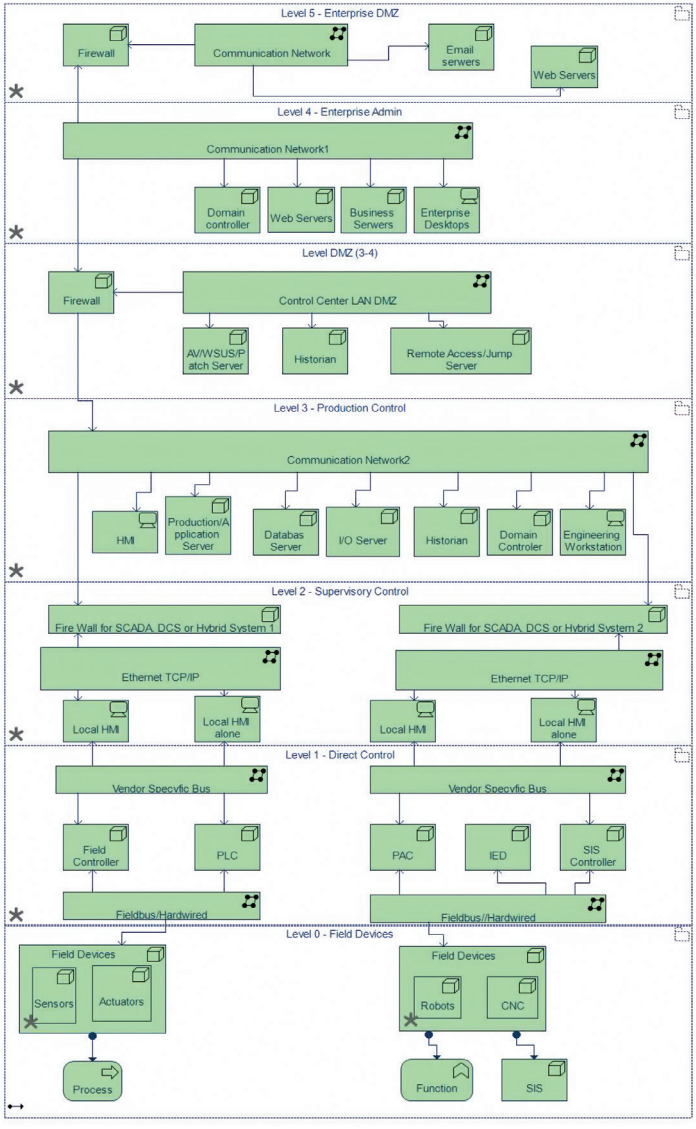
- Jasna segmentacja: Zapewnia jasne granice i separację między różnymi poziomami, umożliwiając wdrożenie odpowiednich kontroli bezpieczeństwa na każdym poziomie.
- Skalowalność: Hierarchiczna natura modelu umożliwia skalowalność i elastyczność w zabezpieczaniu środowisk ICS, dostosowując się do różnych architektur i rozmiarów systemów.
- Wspólny język: Model Purdue ustanawia wspólny język i ramy komunikacji między systemami IT i OT, zapewniając wspólne zrozumienie wymagań bezpieczeństwa

Model PERA tworzy przejrzyste struktury komunikacji i zależności pomiędzy systemami i może stanowić podstawę do segmentacji przemysłowych sieci sterowania. Dzięki jasnemu wyznaczeniu i zabezpieczeniu stref można wdrożyć odpowiednie koncepcje bezpieczeństwa IT i OT. Oto jak model PERA widziany jest przez Zscaler, jednego z najpopularniejszych dostawców w sferze Zero Trust Cybersecurity, przedstawiono w [10]:

Wszystkie 3 standardy mają zastosowanie w architekturach organizacji i przedsiębiorstw przemysłowych [11]. To, który model będzie odpowiedni zależy od wielu czynników, takich jak, istniejąca już infrastruktura, możliwości dostosowania nowych technologii do przyszłościowych rozwiązań w domenie Zero Trust oraz od strony finansowej (która zawsze jest priorytetowa dla decydentów).

Rys 2. przedstawia propozycję adaptacji modelu PERA pod kątem bezpieczeństwa z uwzględnieniem segmentacji i integracji. Model ten zawiera poziomy od 0 do 5 i został opracowany w języku ArchiMate przeznaczonym do modelowania i wizualizacji architektur korporacyjnych. W modelu tym ograniczono się do przedstawienia warstwy technicznej z wykorzystaniem głównie konceptu węzłów języka ArchiMate.

**Rys 2: Opis poziomów OT systemu PERA pod kątem bezpieczeństwa (Opracowanie własne)**




*Źródło: opracowanie własne.*

Jednym ze sposobów segmentacji jest tworzenie stref zdemilitaryzowanych DMZ (Demilitarized Zone). W wojskowości oznacza to obszar, w którym nie mogą być prowadzone działania militarne. Podstawowe funkcje DMZ to zapewnienie bezpieczeństwa (chroni wewnętrzne zasoby organizacji, takie jak, serwery baz danych, wewnętrzne aplikacje i inne krytyczne systemy, przed bezpośrednim dostępem z zewnątrz), izolacja (tworzy izolowaną przestrzeń w sieci, gdzie można umieścić serwery, które muszą być publicznie dostępne, takie jak serwery WWW, serwery pocztowe, serwery FTP czy serwery DNS, bez ryzyka dla wewnętrznej sieci firmowej), kontrola dostępu (stosowane są szczególne zasady kontroli dostępu, które precyzyjnie regulują, kto i jak może się łączyć z usługami w tej strefie, oraz jak dane mogą przepływać pomiędzy DMZ a siecią wewnętrzną).

Poziom 0. Urządzenia polowe (Field Devices). Są to komponenty potrzebne do rzeczywistych fizycznych procesów produkcyjnych. Dostarczają dane procesowe do sterowników poziomu 1 i przyjmują od nich polecenia. Typowe komponenty tego poziomu obejmują: czujniki (temperatura, światło, wilgotność...), siłowniki (silniki, zawory...), maszyny (CNC, roboty...). W tradycyjnych rozwiązaniach na tym poziomie zazwyczaj nie stosowane są mechanizmy bezpieczeństwa. Zabezpieczenia te są istotne w krytycznych strukturach, takich jak, elektrownie, zakłady chemiczne i inne. Czasami te urządzenia stanowią pierwszą linię obrony dzięki zastosowanym rozwiązaniom bezpieczeństwa, w tym inteligentnych czujnikach, segmentacji sieci.

**Poziom 1. Sterowanie bezpośrednie (Direct Control).** Poziom ten jest też nazywany jako poziom sterowania urządzeniami (Device Control Level ), poziom sterowania w czasie rzeczywistym (Real-time Control Level), poziom sterowania procesem (Process Control Level). Poziom ten zawiera urządzenia (sterowniki, kontrolery), które odbierają dane procesowe z urządzeń (np. czujników) z poziomu 0 i sterują tymi urządzeniami. Typowe komponenty to: urządzenia polowe (Field Device), rozproszone systemy sterowania (DCS Distributed Control System), programowalne sterowniki logiczne (PLC Programmable Logic Controller), zdalne terminale (RTU – Remote Terminal Unit), Kontroler Systemu Instrumentacji Bezpieczeństwa (Safety Instrumented System (SIS) Controller, Programowalny Kontroler Automatyzacji (PAC – Programmable Automation Controller), Inteligentne Urządzenie Elektroniczne (IED – Intelligent Electronic Device). Łączność Ethernet/IP jest rzadkością w tym obszarze, jednakże ze względu na interoperacyjność i standaryzację w tej strefie, starsze protoko-

ły są coraz częściej zastępowane przez Ethernet/IP. Poziomy 0 i 1 komunikują się zazwyczaj poprzez połączenia dwuprzewodowe i linie szeregowe. Niektóre procesy produkcyjne wymagają (izochronicznej) komunikacji w czasie rzeczywistym pomiędzy tymi poziomami. Aby zagwarantować prawidłowe działanie, nie może być żadnych przerw ani opóźnień (np. w sterowaniu silnikiem krokowym). Środki bezpieczeństwa na tym poziomie obejmują kontrole dostępu i ochronę przed nieautoryzowanymi modyfikacjami.

**Poziom 2. Sterowanie nadzorcze (Supervisory Control).** Poziom obejmuje operacje i kontrole produkcji w zakładzie. Typowymi komponentami w tym obszarze są: systemy SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), Interfejsy człowiek-maszyna (HMI), stanowiska operatorskie, kontrola nadzorcza i pozyskiwanie oraz wizualizacja danych. Ta strefa obejmuje urządzenia monitorujące i sterujące dla pojedynczego obszaru/komórki produkcyjnej. Należą do nich takie elementy jak: serwery aplikacji, serwery bazy danych, serwery plików, centralne usługi sieciowe (DNS, DHCP, NTP, Active Directory), inżynierskie stanowiska pracy. Poziom ten może być podporządkowany systemowi kontroli SCADA lub DCS (Distributed Control System) lub może występować forma hybrydowa tych 2 systemów.

**Poziom 3. Zarządzanie produkcją (Production Control).** Systemy tego poziomu 3 zarządzają, monitorują i kontrolują pracę zakładu w zakresie globalnym (w przypadku poziomu 2 to jest zakres lokalny). Typowe komponenty na tym poziomie to: archiwizator danych (data, historia), który rejestruje i nagrywa działanie serwerów, czy np. pliki projektu, określających zachowanie sterowników, stanowiska operatorskie (na poziomie zakładu), systemy planowania zasobów (ERP). Do sfery bezpieczeństwa na tym poziomie zaliczyć trzeba zapobieganie nieautoryzowanemu dostępowi, czy zapewnienie integralności danych.

**Poziom 3-4 DMZ (Demilitarized Zone – strefa zdemilitaryzowana)**. Poziom ten występuje ze względów bezpieczeństwa i polega na oddzieleniu sieci zakładowej (Głównie sieci OT od zewnętrznych sieci publicznych). Jest to dodatkowa ochrona zmniejszająca ryzyko cyberataków i nieautoryzowanego dostępu do sieci zakładowych, tzw. wewnętrzny DMZ. Na tym poziomie może zostać zainstalowany archiwizator danych (data, historia), który służy do gromadzenia, przechowywania, kompresji i agregacji oraz do analizowania danych procesowych z systemów automatyki przemysłowej w czasie rzeczywistym. Na tym poziomie mogą być instalowane (aczkolwiek coraz rzadziej) tzw. jump servery. Mają one za zadanie umożliwić

klientom, względnie pracownikom firm zewnętrznych zdalny dostęp do sieci poprzez bezpieczne ominięcie firewallu.

**Poziom 4. Zarządzanie firmą (Enterprise Admin).** Tutaj odbywa się planowanie biznesowe i logistyka obiektu. Poziom ten obejmuje systemy informatyczne związane z procesami OT służące do planowania zasobów i monitorowania/kontrolowania procesu produkcyjnego. Typowe komponenty obejmują: oprogramowanie do planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP), systemy realizacji produkcji (MES), serwery internetowe. Poziom ten reprezentuje tradycyjną sieć IT zawierającą min. urządzenia IT, takie jak serwery uwierzytelniające, komputery stacjonarne dla przedsiębiorstw, wewnętrzną bazę danych i serwery plików.

**Poziom 5. DMZ firmy (Enterprise DMZ).** Poziom ten obejmuje komponenty IT, które są publicznie dostępne w Internecie (web serwery, e-mail serwery) i dlatego wymagają szczególnej ochrony. Typowe komponenty obejmują: serwery proxy, bramy VPN, bramy e-mailowe. Bezpieczeństwo na tym poziomie to przede wszystkim ochrona żywotnych informacji biznesowych oraz wdrożenie systemów odpowiedzialnych za cyberbezpieczeństwo.

W praktyce podział na warstwy jest dostosowywany do potrzeb firm. Kuriozalnie obecnie zaczyna się już usuwać niektóre między-warstwy, bo najnowsze technologie nie potrzebują jakichś ekwilibrystycznych rozwiązań w sferze bezpieczeństwa jak np. Jump Servery. Chociaż tego w modelu nie wyróżniono, to można mówić także o warstwie integracji, która umożliwia łatwy przepływ danych pomiędzy systemami. Celem warstwy integracji jest zjednoczenie systemów IT i OT, standaryzacja danych i komunikacji, bezpieczna i wydajna wymiana danych,

## WYBRANE METODY ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMÓW IT/OT

Najpopularniejszą i sprawdzoną metodą na uzyskanie minimum bezpieczeństwa systemów IT/OT jest przeprowadzenie segmentacji. W systemach OT występuje dążenie do konwergencji systemów, a jednocześnie stosuje się segmentację, by zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa. Przeprowadzając segmentację w architekturze IT/OT, należy od początku wziąć pod uwagę także negatywne skutki, jakie może przynieść ze sobą ta metoda. Segmentacja i tak zwana nadmierna segmentacja mogą prowadzić między innymi do problemów z wydaj-

nością. Przeprowadzenie segmentacji IT/OT może się składać z następujących etapów:

1. Określenie celów segmentacji (zwiększenie bezpieczeństwa systemów czy poprawa wydajności operacyjnej).
2. Przeprowadzenie audytu systemów IT/OT. Jakie urządzenia, aplikacje i systemy są używane w organizacji i jak są one połączone.
3. Wyznaczenie granic segmentacji. Określenie, które systemy powinny być odseparowane od siebie.
4. Dobór odpowiednich narzędzi i technologii.
5. Wdrożenie segmentacji w sposób stopniowy i kontrolowany.
6. Monitorowanie i utrzymywanie. Systemy należy monitorować w celu sprawdzenia czy działają poprawnie. Utrzymanie może polegać na aktualizowaniu systemów i narzędzi, w celu zapewnienia bezpieczeństwa i skuteczności działania.

Zasadniczo istnieją cztery różne typy segmentacji sieci:

1. Segmentacja galwaniczna, która oznacza całkowite oddzielenie sieci w celu zapobiegania potencjalnemu przeniesieniu spowodowanemu na przykład uderzeniem pioruna lub awarią elementu elektrycznego. Między innymi połączenie sieciowe redundantnych komponentów powinno wówczas odbywać się za pomocą światłowodów.
2. Segmentacja fizyczna, która dotyczy sytuacji, gdy dwie sieci komunikują się ze sobą wyłącznie za pośrednictwem oddzielającej instancji zabezpieczeń (zwykle firewall), a sieci nie są ze sobą dalej połączone z wyjątkiem instancji oddzielającej.
3. Segmentacja logiczna (zoning – segmentacja sieci), która opiera się na kilku wzajemnie połączonych technologiach i konfiguracjach: podsieciach, sieciach VLAN oraz fizycznych i wirtualnych strefach bezpieczeństwa. Podstawą prawidłowego i skutecznego zoningu jest określenie zakresu usług oraz urządzeń na których są one zainstalowane. W pierwszej fazie segmentacji sieć dzielona jest na podsieci. Każda z nich ma przyporządkowane inne urządzenia, które przypisane są poszczególnym logicznym grupom. Jedna podsieć przeznaczona jest dla serwerów, druga do rozliczania, a jeszcze inna do zarządzania siecią. Domyślnie zdefiniowane są osobne podsieci do rejestrowania i monitorowania, a inne do zarządzania obiektami firmy. Możliwe są ustawienia i osobne uprawnienia dla każdego urządzenia i aplikacji. Określa się, kto i z kim może się kontaktować. Na przykład, kto ma dostęp do Internetu, a kto nie. Następnie definiowane są sieci VLAN, a na koniec przydzielane są adresy IP do

sieci VLAN. Schemat adresowania IT i przypisanie sieci VLAN stanowią ostateczny poziom segmentacji. Przy tworzeniu całościowego obrazu sieci IT i połączeń w niej zachodzących powinno posłużyć się różnymi typami macierzy adresów IP.

4. Mikrosegmentacja, która jest stosowana w przypadkach, gdy istnieje znaczne zagrożenie bezpieczeństwa pojedynczego urządzenia OT (z niezabezpieczonym oprogramowaniem lub systemem operacyjnym podłączonym do systemu centralnego) dla innych podłączonych komórek lub całego terenu fabryki. Może to być na przykład niechronione urządzenie, które musi komunikować się za pomocą niezabezpieczonych protokołów z wieloma innymi urządzeniami w zakładzie (np. poprzez FTP, HTTP, MQTT...). Przed zabezpieczeniem takich urządzeń poprzez mikrosegmentację, należy przeprowadzić odrębną analizę ryzyka.

Oprócz opisanych powyżej metod segmentacji, mających zapewnić bezpieczeństwo infrastruktury przedsiębiorstwa, należy dodatkowo przeprowadzić działania, które podniosą poziom bezpieczeństwa systemów IT/OT. Jednakże same te dodatkowe zabezpieczenia bez uprzedniej segmentacji nie gwarantują odpowiedniej ochrony przeciw np. cyberatakami.

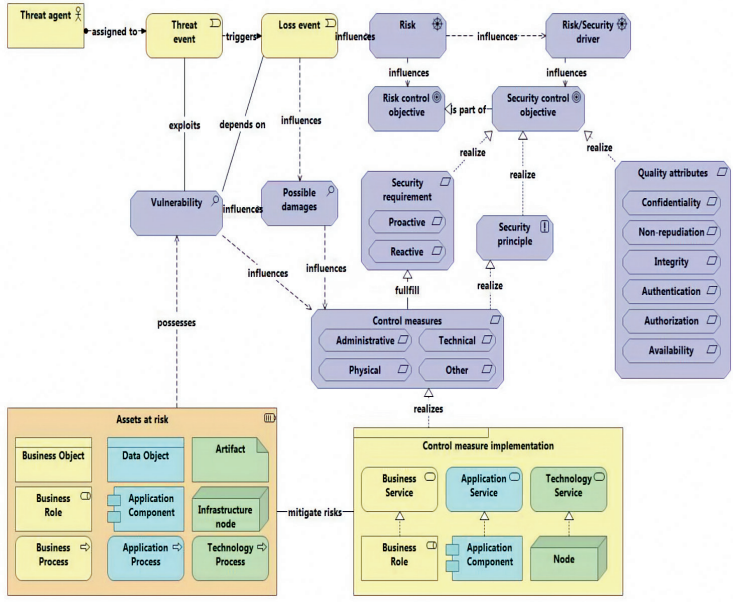
## HOLISTYCZNE MODELE BEZPIECZEŃSTWA W ORGANIZACJACH IT/OT

Przedsiębiorstwo IT/OT możemy potraktować jako całość i opisać przy użyciu architektury korporacyjnej. Dla takiego rodzaju przedsiębiorstw celowe jest opracowanie modeli referencyjnych bezpieczeństwa cyfrowego przedsiębiorstw [12]. Celem tych modeli jest spojrzenie na bezpieczeństwo jako całość i w tym celu użyto języka architektury korporacyjnej do opisania całego spektrum zagadnień związanych z bezpieczeństwem. Bezpieczeństwo i ryzyko muszą być traktowane razem w modelu architektury korporacyjnej, jak pokazano w [13]. Meta-model ISSRM (Information System Security Risk Management) został przedstawiony na Rys. 3. Zastosowano język ArchiMate, który jest dobrym rozwiązaniem do modelowania architektury korporacyjnej, ryzyka korporacyjnego i bezpieczeństwa [14]. Niektóre publikacje w „The Open Group" omawiają sposób modelowania zarządzania ryzykiem korporacyjnym i bezpieczeństwa przy użyciu języka ArchiMate [15], [16]. W modelu wprowadzono następujące pojęcia (Rys.3):

- Zagrożenie (Threat) – możliwe niebezpieczeństwo, które może wykorzystać lukę systemu i spowodować potencjalne szkody:
  - Agent zagrażający (Threat agent) – wszystko to (np. osoba, organizacja lub przedmiot), co może spowodować uszkodzenie aktywów.
  - Zdarzenie zagrażające (Threat event) – zdarzenie, które może niekorzystnie wpłynąć na aktywa.
  - Zdarzenie powodujące stratę (Loss event) – okoliczności powodujące stratę lub uszkodzenie składnika aktywów.
- Podatność (Vulnerability) – rozumiana jako słabość elementów systemu, czyni system podatnym na zagrożenia.
- Ryzyko (Risk) to coś, co może powodować problemy lub straty.
  - Motywator ryzyka/bezpieczeństwa (risk / security driver) reprezentuje stan, który motywuje organizację do wdrożenia zmian mających na celu osiągnięcie celów w zakresie ryzyka i bezpieczeństwa.
  - Cele kontroli ryzyka i bezpieczeństwa (Risk and security control) opisują zasady i procedury, które należy ustanowić dla skutecznych strategii ryzyka.
- Wymogi bezpieczeństwa określają, jakie środki kontroli należy wybrać, aby spełnić te wymagania.
- Zasada bezpieczeństwa – ogólna właściwość stosowana w systemie (np. polityka).
- Aktywa zagrożone (Asset at risk) – wszystko, co materialne lub niematerialne, które ma wartość lub wytwarza wartość.
- Wdrażanie środków kontrolnych – stosowanie polityk i procedur.

Takie podejście ułatwia rozumienie zagadnień bezpieczeństwa IT i OT. W tym modelu występuje jednakowe podejście do bezpieczeństwa IT i OT bazujące na ryzyku.

**Rys. 3. Meta model ryzyka**




*Źródło: zaadaptowane na podstawie [13].*

Identyfikacja luk kompetencyjnych oraz rozwój kluczowych umiejętności w kontekście IT/OT to fundamentalne zadanie dla uczelni kształcących przyszłych specjalistów ds. cyberbezpieczeństwa. Poprzez dostosowanie programów nauczania do wymagań rynku oraz specyfiki zintegrowanych środowisk IT/OT, uczelnie mogą skutecznie przygotować swoich absolwentów do pracy w jednej z najbardziej wymagających, ale i kluczowych dziedzin współczesnej gospodarki.

## PODSUMOWANIE

Kształcenie specjalistów na studiach z zakresu cyberbezpieczeństwa wymaga dobrego dopasowania kompetencji do potrzeb różnych firm. Ze względu na okres trwania studiów, rozwinięte zostaną tylko wybrane kompetencje. Przedsiębiorstwo zatrudniające absolwentów musi sobie zdawać sprawę z luki kompetencyjnej. Wyznaczenie tej luki kompeten-

cyjnej powinno prowadzić do ukierunkowanych działań w przedsiębiorstwach w zakresie rozwoju kompetencji minimalizujących ryzyko strat związanych z cyberbezpieczeństwem. W niniejszym artykule przedstawiono propozycję programu kształcenia, dzięki któremu studenci zdobywają wiedzę specjalistyczną bazującą na kursach i certyfikatach CISCO. Dodatkowo proponowane są zajęcia, które umożliwiają zdobycie wiedzy ogólnej. Absolwent będzie posiadał w jednym obszarze głęboką wiedzę specjalistyczną (specialist), a w pozostałych wiedzę ogólną (generalist).

Istnieje kilka możliwości uzupełnienia wiedzy i umiejętności z zakresu bezpieczeństwa systemów. Jedną z takich możliwości są laboratoria projektowe, gdzie studenci mogą zdobywać wiedzę i umiejętności rozwiązując konkretne problemy. Kolejnym rozwiązaniem ułatwiającym likwidację luk kompetencyjnych są praktyki oraz zatrudnianie studentów (zwykle będących w końcowej fazie studiów) w charakterze tzw. studentów pracujących. Takie „wdrożenie" w życie zawodowe studentów ma wiele pozytywnych stron. Nowo uzyskaną wiedzę sprawdza się w działaniach praktycznych, takich jak projekty, czy administrowanie systemami informatycznymi. „Learning by doing" jest naczelną zasadą przy zatrudnianiu „pracującego studenta".

Firmy zatrudniające studentów często umożliwiają im zdobywanie certyfikatów od wiodących dostawców IT (MS Azure, Cisco Systems CCNA itp.). Korzyści z takiego rozwiązania są obopólne. Student rozwija wiedzę praktyczną i sprawdza zdobytą teorię, a firmy budują swoich wieloletnich ekspertów, których się szkoli i wdraża we własnych strukturach. Student może posiąść różne umiejętności podczas takiej pracy, jak: przetwarzanie w chmurze, administrowanie sieciami LAN, WAN, TCP/IP, Modbus; znajomość bezpieczeństwa IT zgodnie ze standardami bezpieczeństwa (np. ISO 27001); znajomość Windows, (Active Directory), Linux, SQL, SharePoint i innych narzędzi/aplikacji; praktyczne umiejętności w administrowaniu VMware, vSphere; podstawowa znajomość koncepcji automatyzacji i systemów automatyzacyjnych (np. UC4, Jira); podstawowa znajomość frameworku ITIL; znajomość technologii sieciowych takich jak: Fortinet, Netscaler, Cisco Systems, Mimecast, Linux; praktyczna znajomość Microsoft Server 2019 HyperV, klaster pracy awaryjnej, usługi Azure, pamięć masowa i FibreChannel, systemy monitorowania i tworzenia kopii zapasowych.

Podsumowując możemy stwierdzić, że dobrym rozwiązaniem jest kształcenie studentów na specjalistów w jednym obszarze, a w pozostałych ważne jest posiadanie kompetencji ogólnych. Ten rodzaj podziału kompetencji jest zalecany dla członków zespołów zwinnych. Ważne jest

by zdawać sobie sprawę z luk kompetencyjnych w innych obszarach bezpieczeństwa. Taką świadomość uzyskuje się przy zdobywaniu wiedzy ogólnej. Następnym krokiem jest likwidacja luk kompetencyjnych zgodnie z potrzebami przedsiębiorstw.

## LITERATURA


1. Amit.Musale (2022) *Top 7 OT Cyber-attacks That Decimated Businesses.* In: Payatu. https://payatu.com/blog/ot-attacks/. Accessed 15 Aug 2024.
2. Santos, Omar (2020) *Cisco CyberOps Associate* CBROPS 200-201 Official Cert Guide.
3. Rios RG, Hucaby D (2020) *CCNP Enterprise Core ENCOR 350-401 and Advanced Routing ENARSI 300-410* Official Cert Guide Library.
4. Gooley J, Jackson C (2020) *Cisco Certified DevNet Associate DEVASC* 200-901 Official Cert Guide.
5. ENCOR Exam Topics. https://learningnetwork.cisco.com/s/encor-exam-topics. Accessed 15 Aug 2024.
6. CBROPS Exam Topics. https://learningnetwork.cisco.com/s/cbrops=-exam-topics?ccid=cyberopsassociate&dtid=website&oid-cdc-cyberopsassociate-rec-training. Accessed 15 Aug 2024.
7. DevNet Associate Exam Topics. https://learningnetwork.cisco.com/s/devnet-associate-exam- topics. Accessed 15 Aug 2024.
8. ISO – International Organization for Standardization ISO/IEC 27000:2018. In: ISO. https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/iso-org/contents/data/standard/07/39/73906.html. Accessed 27 Dec 2020.
9. ISO – International Organization for Standardization ISO/IEC 27001:2013. In: ISO. https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/45/54534.html. Accessed 27 Dec 2020.
10. ENGINEER M (2023) *The Purdue Model of Security for Manufacturing: Safeguarding Industrial Control Systems.* https://www.mesengineer.com/2023/08/20/the-purdue-model-of-security-for- manufacturing--safeguarding-industrial-control-systems/. Accessed 15 Aug 2024.
11. Cybersecurity in Industrial Control Systems: *An integration of information technology and operational technology*. https://ieeexplore--1ieee-1org- 1000047xe001f.wbg2.bg.agh.edu.pl/document/9968468. Accessed 18 Aug 2024.

12. Urbanczyk W, Werewka J (2021) *Application of a Government Data Center (GDC) Reference Model for Security Management Analysis.* In: IEEE International Conference on e-Business Engineering, ICEBE 2021, Guangzhou, China, November 12-14, 2021. IEEE, pp 112–119
13. Jonkers H, Quartel DAC (2016) *Enterprise Architecture-Based Risk and Security Modelling and Analysis. In: Kordy B, Ekstedt M, Kim DS (eds) Graphical Models for Security.* Springer International Publishing, Cham, pp 94–101.
14. Modelling Security Aspects with ArchiMate: A Systematic Mapping Study. https://ieeexplore-1ieee-1org-1000047xe001f.wbg2.bg.agh.edu.pl/document/9226325. Accessed 18 Aug 2024.
15. Band I, Engelsman W, Feltus C, et al (2015) *Modeling enterprise risk management and security with the ArchiMate Language.*
16. The Open Group (2019) *How to Model Enterprise Risk Management and Security with the ArchiMate® Language.* https://publications.opengroup.org/white-papers/archimate/w172. Accessed 30 Dec 2020.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 161-174
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Zbigniew Handzel**
Dr inż., prof. WSEI
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowie (WSEI)
email: zhandzel@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1470-6592

**Małgorzata Handzel**
Mgr, Szkoła Podstawowa nr 164 w Krakowie

**Mirosław Gajer**
Dr inż. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
email:mgajer@wsei.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3532-9482

# WYZWANIA W ZAKRESIE CYBERBEZPIECZEŃSTWA W KONTEKŚCIE STALE ROSNĄCEJ LICZBY ZAGROŻEŃ I CYBERATAKÓW

## CYBERSECURITY CHALLENGES IN THE CONTEXT OF AN INCREASING NUMBER OF THREATS AND CYBERATTACKS

***Słowa kluczowe:*** *cyberbezpieczeństwo, cyberataki, cyberprzestępczość, kryptografia kwantowa*
***Key words:*** *cybersecurity, cyberattacks, cybercrime, quantum cryptography*

**JEL Classification:** A2, C8, I2, L2, P4

### Streszczenie

Problematyka cyberbezpieczeństwa jest obecnie jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed ekspertami branży IT. Firmy, organizacje i inne jednostki borykają się z coraz większą liczbą zagrożeń, a cyberprzestępcy stosują coraz bardziej wyszukane metody ataków. Bezpieczeństwo informacji jest zatem priorytetowym zadaniem dla wszelkiego rodzaju instytucji oraz przedsiębiorstw. W pierwszej części niniejszego artykułu zostaną

omówione raporty dotyczące problematyki bezpieczeństwa cyfrowego oraz wyzwania stawiane systemom informatycznym w organizacjach i firmach, natomiast w części drugiej autorzy postarają się pokazać rolę algorytmów szyfrujących w dziedzinie cyberbezpieczeństwa oraz możliwości wykorzystania kryptografii kwantowej, jako obecnie najbardziej perspektywicznego rozwiązania, które można wykorzystać w procesie zabezpieczenia systemów IT.

**Abstract**
The issue of cyber security is currently one of the most important challenges facing IT experts. Companies, organizations and other entities are facing an increasing number of threats, and cyber criminals are using increasingly sophisticated methods of attack. Information security is therefore a priority task for all kinds of institutions and businesses. In the first part of this article, reports on digital security issues and challenges to information systems in organizations and companies will be discussed, while in the second part, the authors will try to show the role of encryption algorithms in the field of cyber security and the possibilities of using quantum cryptography, as currently the most promising solution that can be used in the process of securing IT systems.

## WPROWADZENIE

Powszechna cyfryzacja i dynamiczny rozwój systemów informatycznych spowodował, iż cyberbezpieczeństwo stało się jednym z najważniejszych problemów współczesnych firm, organizacji, rządów i jednostek. Bezpieczeństwo informacji jest zatem priorytetowym zadaniem dla przedsiębiorstw, szczególnie w odniesieniu do danych strategicznych dla ich działalności. Transformacja cyfrowa spowodowała, iż odpowiednie zabezpieczenie danych i informacji stało się kluczowe. Należy pamiętać, iż ilość przetwarzanych informacji stale wzrasta, a wraz z nią liczba i złożoność zagrożeń. Im więcej zasobów do ochrony, tym więcej możliwości do nadużyć [1]. Z tego też powodu z roku na rok systematycznie wzrasta liczba zagrożeń oraz cyberataków, a rok 2023, w którym zanotowano znaczący wzrost cyberprzestępczości był pod tym względem rekordowy. Z raportu pełnomocnika rządu ds. cyberbezpieczeństwa wynika, że w porównaniu z poprzednim rokiem, w 2023 r. odnotowano ponad 100-procentowy wzrost cyberataków [2]. Z raportu Agencji Unii Europejskiej ds.

Cyberbezpieczeństwa ENISA z 2023 roku dotyczącego tzw. krajobrazu cyberbezpieczeństwa można dowiedzieć się o ujawnieniu ogromnej liczby zarejestrowanych incydentów, wynoszącej około 2580 wspomnianych incydentów między lipcem 2022 a czerwcem 2023 roku. W omawianym raporcie podkreślono główne zagrożenia, które opanowały krajobraz cyberbezpieczeństwa UE. Są to zagrożenia typu ransomware, znane z paraliżujących działań szyfrujących i taktyk wymuszania oraz zagrożenia związane z dostępnością istotnych usług i systemów mających znaczenie dla ciągłości funkcjonowania operacji cyfrowych. Ponadto problemem jest pojawienie się chatbotów opartych na sztucznej inteligencji [3]. Wszystko to stawia zatem nowe wyzwania przed specjalistami z zakresu bezpieczeństwa systemów informatycznych. Niniejszy artykuł ma na celu omówienie tych wyzwań, a autorzy postanowili dokonać analizy dostępnych raportów, pokazując zarówno problemy bezpieczeństwa jak też wyzwania i rekomendacje w tym zakresie.

## ANALIZA WYBRANYCH RAPORTÓW DOTYCZĄCYCH CYBERBEZPIECZEŃSTWA

Chcąc odpowiedzieć na pytanie dotyczące wyzwań w zakresie cyberbezpieczeństwa w kontekście stale rosnącej liczby zagrożeń i cyberataków należy dokonać analizy raportów przygotowanych przez ekspertów cyberbezpieczeństwa. Oczywiście dostępnych jest wiele takich raportów, natomiast na potrzeby niniejszego artykułu jego autorzy dokonali wyboru kilku raportów, opracowanych dla takich organizacji, jak Agencja Unii Europejskiej oraz Światowe Forum Ekonomiczne. Na początek autorzy niniejszego artykułu dokonali analizy raportu Agencji Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa ENISA z 2023 roku. Ze wspomnianego raportu wynika, iż sektorem, który najczęściej jest ofiarą cyberataków jest administracja publiczna. Ten kluczowy sektor zmaga się z największą liczbą incydentów, co stawia pod znakiem zapytania bezpieczeństwo wrażliwych danych rządowych. Twórcy raportu podkreślają, że słabe punkty jednego sektora mogą szybko kumulować się oraz jednocześnie wpływać na wiele innych, tworząc efekt tzw. domina zakłóceń. Jak już wspomniano we wstępie, w omawianym raporcie podkreślono główne zagrożenia cyberbezpieczeństwa UE, którymi są: zagrożenia typu ransomware, znane z paraliżujących działań szyfrujących i taktyk wymuszania oraz zagrożenia związane z dostępnością istotnych usług [3]. Warto jednak zauważyć, iż

obok tak poważnych zagrożeń jak ransomware oraz zagrożeń związanych z dostępnością niezwykle poważnym problemem, a zarazem wyzwaniem dla specjalistów z zakresu cyberbezpieczeństwa jest pojawienie się chatbotów opartych na sztucznej inteligencji. Omawiany raport ENISA ujawnia wzrost chatbotów opartych na AI, wpływających na sytuację zagrożeń w cyberbezpieczeństwie. Wspomniane chatboty, choć wykorzystujące AI, stały się znane ze swoich zdolności do wprowadzania zakłóceń w funkcjonowaniu systemów IT, co niestety daje im znaczące miejsce wśród zagrożeń cybernetycznych [3]. Raport ENISA szczególnie podkreśla powszechność fałszywych informacji, czyli tzw. „fejków" oraz manipulacji informacjami z wykorzystaniem sztucznej inteligencji (AI) w celu wzniecania niepokoju, czy też wpływania na różnego rodzaju działalność. Jak słusznie zauważają twórcy raportu, chatboty oparte na AI, wyposażone są w zaawansowane algorytmy i uczenie maszynowe, co pozwala im naśladować interakcje ludzkie i szerzyć dezinformację i to w dodatku z bardzo dużą efektywnością. Wzrost liczby chatbotów opartych na AI stwarza unikalne wyzwania w zakresie cyberbezpieczeństwa. Tradycyjne mechanizmy obrony niestety mogą mieć trudności w zetknięciu się z tego typu zagrożeniami. Zapewnienie integralności danych, prywatności i bezpieczeństwa w erze sztucznej inteligencji staje się zatem ogromnym wyzwaniem [3].

Drugim analizowanym w niniejszym artykule raportem jest Raport Światowego Forum Ekonomicznego na temat globalnych perspektyw cyberbezpieczeństwa na 2023 rok „Global Cybersecurity Outlook 2023" [4]. Autorzy wspomnianego raportu: Paolo Dal Cin (Global Lead, Accenture Security) oraz Jeremy Jurgens (Managing Director, World Economic Forum) skupili się na rosnących wyzwaniach w zakresie cyberbezpieczeństwa, które wynikają z niestabilności geopolitycznej, szybkiego rozwoju technologii, niedoborów specjalistów oraz rosnących oczekiwań ze strony akcjonariuszy i regulatorów. Jako kluczowe punkty raportu autorzy wymieniają: niestabilność geopolityczną, nowe technologie wraz z nowymi zagrożeniami, zmiany regulacji prawnych, czy też rosnącą świadomość liderów biznesowych na temat cyberzagrożeń oraz niedobór wykwalifikowanych specjalistów w dziedzinie cyberbezpieczeństwa. Warto zauważyć, iż podobnie jak to miało miejsce w poprzednim raporcie, również tutaj szczególną uwagę zwraca się na zagrożenia typu ransomware, które zdaniem autorów omawianego raportu pozostaje jednym z najbardziej niepokojących zagrożeń, włącznie z atakami paraliżującymi działalność organizacji. Ponadto tutaj również zwrócono uwagę na zagrożenia związane z dostępnością krytycznych usług oraz na te wynikające z pojawie-

nia się chatbotów opartych na sztucznej inteligencji [4]. Ponadto autorzy omawianego raportu zwracają uwagę na związek pomiędzy napięciami geopolitycznymi a wzrostem liczby cyberzagrożeń. Z przedstawionych w raporcie wyników badań wynika, że aż 91% respondentów uważa, że w ciągu najbliższych dwóch lat prawdopodobne jest wystąpienie dalekosiężnego, katastrofalnego cyberataku. Ta rosnąca świadomość w zakresie cyberzagrożeń spowodowała, iż coraz częściej organizacje dostosowują swoje strategie cyberbezpieczeństwa, wzmacniając kontrolę nad stronami trzecimi i ponownie oceniając kraje, z którymi prowadzą działalność. Jednocześnie coraz częściej w strategii cyberbezpieczeństwa wykorzystuje się nowe technologie, tj.: sztuczną inteligencję, uczenie maszynowe i technologia chmurowa. Jednak ich integracja z istniejącymi systemami zwiększa złożoność i ryzyko [4]. Organizacje muszą zatem zrównoważyć wartość nowych technologii z potencjalnym ryzykiem cyberzagrożeń, co stanowi niemałe wyzwanie. Twórcy raportu zauważają ponadto, iż cyberprzestępczość staje się coraz bardziej profesjonalna, a grupy cyberprzestępcze koncentrują się na tworzeniu nowych typów ataków, dynamiczna zmienność zagrożeń utrudnia strategiczne planowanie obrony. Warto zauważyć również, iż ataki cyberprzestępców mają coraz częściej charakter systemowy, wpływając na całe sektory gospodarki, co z kolei zmusza organizacje do ciągłego monitorowania i oceny informacji o zagrożeniach. Coraz więcej ekspertów z zakresu cyberbezpieczeństwa uważa, że skutecznym narzędziem redukcji ryzyka są odpowiednie regulacje, które pomogą przesunąć zasoby prywatnego sektora w kierunku działań na rzecz cyberodporności. Chociaż uzyskanie zgodności z regulacjami może być nieco trudne, to jednak jest to konieczne do skutecznego zarządzania ryzykiem cybernetycznym [4]. Warto przy okazji zauważyć, iż wzrasta świadomość liderów biznesowych na temat cyberzagrożeń, a to prowadzi do lepszej integracji cyberbezpieczeństwa w strategiach zarządzania ryzykiem. Eksperci z zakresu cyberbezpieczeństwa coraz częściej spotkają się z zarządami firm, pomagając im w zrozumieniu i zarządzaniu ryzykiem cybernetycznym. Dzięki temu wspomniane zarządy firm i instytucji są świadome, że bezpieczeństwo ich organizacji zależy od zabezpieczeń stosowanych przez ich partnerów handlowych i dostawców. Organizacje stale wzmacniają zatem kontrolę nad stronami trzecimi, które mają dostęp do ich środowisk i danych. Niestety głównym problemem w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa informatycznego jest niedobór wykwalifikowanych specjalistów z tego zakresu. Niezwykle ważnym zadaniem jest zatem stałe rozwijanie wiedzy i umiejętności zarówno specjalistów IT jak też innych pracowni-

ków w poszczególnych organizacjach. Organizacje powinny inwestować w szkolenia i rozwój pracowników, aby zwiększyć ich świadomość na temat zagrożeń i poprawić umiejętności reagowania na incydenty. W tym zakresie konieczne jest stworzenie programów szkoleniowych i staży, które umożliwią zdobycie umiejętności niezbędnych do zarządzania ryzykiem cybernetycznym [4]. Z omawianego raportu ENISA wynikają następujące rekomendacje:

- Poprawa Komunikacji – liderzy w zakresie cyberbezpieczeństwa powinni prezentować problemy związane z bezpieczeństwem cyfrowym w sposób zrozumiały dla liderów biznesowych, używając języka wspólnego i zrozumiałych metryk.
- Regularne Spotkania – częstsze spotkania pomiędzy ekspertami z zakresu cyberbezpieczeństwa a zarządami organizacji mogą znacząco pomóc w lepszym zrozumieniu ryzyka i priorytetów.
- Wzmocnienie Kultury Bezpieczeństwa – zwiększenie świadomości pracowników na temat cyberzagrożeń jest kluczowe dla budowania kultury bezpieczeństwa w organizacji.
- Zaangażowanie Zarządu – zdaniem autorów raportu zarządy powinny aktywnie wspierać inicjatywy na rzecz cyberbezpieczeństwa i włączać je w strategię biznesową.
- Inwestycje w Edukację – zdecydowanie należy inwestować w programy edukacyjne i szkoleniowe, które umożliwią rozwój umiejętności potrzebnych do zarządzania cyberzagrożeniami.

Trzecim wybranym do analizy raportem jest inny z przygotowanych przez ekspertów Światowego Forum Ekonomicznego, ale tym razem dotyczący Azji: „Global Cybersecurity Outlook 2023 – Southeast Asia". Przedstawione w raporcie badanie objęło 117 liderów cyberbezpieczeństwa z 32 krajów i 22 branż, przeprowadzone we współpracy z Accenture. Podobnie jak w przypadku wcześniej przedstawionego raportu, tutaj również jako jeden z głównych problemów bezpieczeństwa cyfrowego w Azji wskazano na geopolityczną niestabilność, która znacząco wpłynęła na postrzeganie strategii cyberbezpieczeństwa. Także w tym raporcie dużo uwagi poświęcono nowym technologiom, tj.: sztucznej inteligencji i uczeniu maszynowemu, które mają największy wpływ na strategie zarządzania ryzykiem cybernetycznym [5]. Eksperci z zakresu cyberbezpieczeństwa wskazali, że sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe, większe zastosowanie technologii chmurowych oraz postępy w zarządzaniu tożsamością i dostępem użytkowników będą miały największy wpływ na ich strategie w ciągu najbliższych dwóch lat. Organizacje muszą inwestować w technologie, szkolenia i strategie, aby zwiększyć

swoją odporność na cyberataki. Współpraca między liderami biznesu, a liderami cyberbezpieczeństwa jest kluczowa dla skutecznego zarządzania ryzykiem i budowania długoterminowej odporności cybernetycznej [5].

Podsumowując raporty „Global Cybersecurity Outlook 2023", można zauważyć, iż eksperci przygotowujący w/w raporty podkreślają rosnące znaczenie cyberbezpieczeństwa w kontekście globalnych zagrożeń i niestabilności geopolitycznej. Wyzwaniem jest dynamicznie zmieniający się krajobraz zagrożeń cybernetycznych, w którym pojawia się coraz więcej profesjonalnych grup cyberprzestępczych, tworzących coraz więcej nowych typów ataków. Warto podkreślić również, iż implementacja nowych technologii w połączeniu z istniejącymi systemami zwiększa złożoność środowiska cyfrowego organizacji, co wymaga zarządzania ryzykiem cybernetycznym na wszystkich etapach procesu transformacji cyfrowej. Wzrost różnorodności ataków i ich systemowe skutki skłaniają organizacje do częstszego monitorowania i oceny zagrożeń, skracając cykle z rocznych na kwartalne, co obciąża zasoby cyberbezpieczeństwa. Specjaliści z zakresu cyberbezpieczeństwa podkreślają, że organizacje muszą inwestować w technologie, szkolenia i strategie, które zwiększą ich odporność na cyberataki. Kluczowe jest również wzmocnienie komunikacji między ekspertami cyberbezpieczeństwa, a zarządami firm, aby skutecznie zarządzać ryzykiem i budować długoterminową cyberodporność [4],[5].

## WYZWANIA STAWIANE SYSTEMOM INFORMATYCZNYM W ORGANIZACJACH

Jak wynika z poprzedniego punktu, dynamiczny rozwój systemów informatycznych wraz ze wzrostem znaczenia w tych systemach AI, stawia przed specjalistami z zakresu cyberbezpieczeństwa coraz to nowe wyzwania. Krajobraz zagrożeń cybernetycznych zmienia się niezwykle dynamicznie, a coraz bardziej profesjonalnie działające grupy cyberprzestępcze stale rosną i tworzą coraz większą liczbę nowych typów ataków. Wzrost różnorodności ataków i coraz poważniejsze ich skutki, zmuszają organizacje do częstszego monitorowania i oceny zagrożeń, co w efekcie mocno obciąża zasoby cyberbezpieczeństwa. Zarządzanie bezpieczeństwem systemów informatycznych, w tym bezpieczeństwem przetwarzanych danych, staje się zatem coraz bardziej skomplikowane, a wraz tym coraz większe stają się oczekiwania wobec specjalistów bezpieczeństwa IT. Aby prawidłowo zarządzać bezpieczeństwem systemów informatycznych kluczowe jest

właściwe opracowanie tzw. polityki bezpieczeństwa organizacji. Dokument ten musi zostać opracowany w taki sposób, by możliwa była jego pełna implementacja, a w przyszłości aby można było w łatwy i szybki sposób uzupełniać oraz korygować poszczególne elementy omawianej polityki bezpieczeństwa. Niezwykle istotne jest w tym kontekście strategiczne podejście do problematyki zarządzania ryzykiem. Organizacje muszą pamiętać, że należy integrować zarządzanie ryzykiem cybernetycznym we wszystkich częściach działalności, takich jak planowanie ciągłości działania, finanse i rozwój produktów. Ponadto konieczna jest większa współpraca między liderami biznesu a liderami cyberbezpieczeństwa, aby mogli oni w wystarczającym stopniu zrozumieć specyfikę poszczególnych zagrożeń cybernetycznych i odpowiednio na nie reagować. Ustanowione regulacje muszą być postrzegane jako kluczowy element wpływający na odporność cybernetyczną organizacji ze względu na to, iż efektywne egzekwowanie regulacji może podnieść jakość cyberbezpieczeństwa w całym sektorze jak również w łańcuchach dostaw.

## ROLA ALGORYTMÓW SZYFRUJĄCYCH

Niebagatelną rolę w ochronie danych przed niepowołanym dostępem pełnią algorytmy szyfrujące. Pierwotnie wszystkie algorytmy szyfrujące, przesyłane dane oparte były jedynie na koncepcji klucza symetrycznego, tzn. ten sam klucz wykorzystywany był zarówno do zaszyfrowania danych, jak i do ich deszyfracji. Pierwszy standard algorytmu szyfrującego opartego na koncepcji klucza symetrycznego został ustanowiony w USA w 1975 roku. Algorytm ten opierał swe działanie na kluczu 56-bitowym, przy czym pierwotne zakładano, że długość klucza szyfrującego miała wynosić aż 128 bitów, co zapewniałoby zdecydowanie wyższy poziom bezpieczeństwa rozważanego algorytmu, gdyż przy dostępnych wówczas mocach obliczeniowych byłby on w zasadzie niemożliwy do złamania w jakimkolwiek rozsądnym horyzoncie czasowym. Długość klucza szyfrującego została jednak ustawowo ograniczona, aby amerykańskie agencje rządowe miały przy pomocy ówcześnie istniejących superkomputerów możliwość złamania tego szyfru w sytuacji, gdyby zachodziło podejrzenie, że w grę może wchodzić poważne zagrożenie dla instytucji państwa, przykładowo ze strony grup przestępczych bądź organizacji terrorystycznych.

Takie postawienie sprawy spowodowało, że wielu badaczy zaczęło poszukiwać innego sposobu zapewniania obywatelom USA prywatności ich

korespondencji. W ten sposób narodziła się idea szyfrowania asymetrycznego. W przypadku tego rodzaju szyfrowania mamy do czynienia z dwoma rodzajami klucza szyfrującego. Pierwszy z nich jest ogólnie dostępny, co na pierwszy rzut oka może wydawać się wręcz swego rodzaju niedorzecznością, natomiast drugi jest tajny i w związku z tym przypisany jest tylko i wyłącznie do konkretnej osoby, do której falę, która spełnia równanie Schroedingera ma zostać wysłany szyfrogram. Zatem, jeśli coś chcemy wysłać zaszyfrowanego do pewnej osoby, to szyfrujemy to przy pomocy ogólnie dostępnego jej klucza publicznego i z tego powodu tylko i wyłącznie rozważana osoba jest w stanie to odszyfrować, korzystając w tym celu z własnego klucza prywatnego, którego nie wolno jej pod żadnym pozorem nikomu innemu ujawnić.

Warto zauważyć, że idea szyfrowania asymetrycznego rozwiązała także problem trudnego zagadnienia bezpiecznej dystrybucji klucza szyfrującego do osoby mającej odczytać szyfrogram, co ma miejsce w przypadku algorytmów z kluczem symetrycznym.

Idea szyfrowania asymetrycznego oparta jest na funkcji jednokierunkowej, tzn. takiej, której wartość zawsze może zostać wyznaczona w stosunkowo krótkim czasie dla dowolnego argumentu, natomiast wyznaczenie funkcji do niej odwrotnej, nawet za pomocą komputerów o największej mocy obliczeniowej, jest niemożliwe w czasie krótszym od co najmniej czasu istnienia wszechświata (13,7 miliarda lat) i właśnie na tym fakcie oparte jest bezpieczeństwo rozpatrywanego algorytmu szyfrującego.

Genialnym pomysłem było wykorzystanie w tym celu liczb pierwszych, ponieważ wyznaczenie ich iloczynu jest zawsze zadaniem relatywnie prostym do wykonania, natomiast jeśli dany jest już ten iloczyn i mielibyśmy teraz powiedzieć, jakie liczby pierwsze go tworzą, to jest to zagadnienie algorytmiczne, którego nie jesteśmy w stanie rozwiązać w czasie wielomianowym, ponieważ odpowiedniego algorytmu przeznaczanego do faktoryzacji liczby o wielomianowej złożoności obliczeniowej po prostu nie znamy. Z drugiej strony nikt jeszcze nie wykazał, że taki algorytm nie istnieje. Zatem, gdyby kiedyś w przyszłości został jednak odkryty wielomianowy algorytm faktoryzacji liczb, to omawiany sposób szyfrowania byłby wtedy już całkowicie bezużyteczny. Rozważany algorytm szyfrowania został określony skrótem RSA, pochodzącym od nazwisk jego twórców: Rives, Shamir, Adleman.

Oczywiście wykorzystywane w przypadku algorytmu RSA liczby pierwsze muszą być bardzo duże, przykładowo mogą mieć w zapisie binarnym nawet 2048 bitów. Zatem iloczyn dwóch takich liczb (p, q) będzie

miał długość 4096 bitów, co sprawia, że dokonanie jego faktoryzacji w jakimś rozsądnym przedziale czasowym jest praktycznie niewykonalne i to nawet przy zastosowaniu najszybszych obecnie superkomputerów. Oczywiście, jeśli w przyszłości moce obliczeniowe superkomputerów istotnie wzrosną, to stosowane w algorytmie RSA liczby pierwsze będą musiały być znacznie większe. Przykładowo będą mogły mieć w zapisie binarnym nawet 8192 bity bądź jeszcze więcej.

Tego rodzaju liczby generowane są w sposób losowy, co polega na tym, że najmłodszy bit ustawiany jest zawsze na jedynkę, a pozostałe bity są zerami bądź jedynkami losowanymi z równym prawdopodobieństwem. Oczywiście wygenerowana w ten sposób liczba najczęściej w ogóle nie jest liczbą pierwszą, ponieważ liczby pierwsze na osi liczbowej są rozmieszczone stosunkowo rzadko, a do tego ich dystrybucja wydaje się być całkowicie nieregularna, przy czym do chwili obecnej nie jest znany żaden wzór algebraiczny, który pozwalałby na wyliczenie wartości kolejnych liczb pierwszych.

Być może jednak chaos związany z rozmieszczeniem na osi liczbowej kolejnych liczb pierwszych jest jedynie pozorny i jest li tylko skutkiem swego rodzaju niedoskonałości ludzkiego umysłu, który nie jest w stanie dopatrzyć się w tym wypadku istniejącego tam mimo wszystko porządku – przesłanką ku temu jest tak zwana „spirala Ulama" utworzona z liczb naturalnych, odkryta przypadkowo przez polskiego matematyka Stanisława Ulama, która wyraźnie sugeruje, że jednak w królestwie liczb pierwszych panuje swego rodzaju porządek, a ich dystrybucja na osi liczbowej podlega jakimś nieznanym nam dotychczas regułom. Być może światło na te sprawy rzuciłoby udowodnienie postawionej w 1859 roku przez Bertranda Riemanna hipotezy dotyczącej rozmieszczenia na płaszczyźnie zespolonej tzw. nietrywialnych zer zdefiniowanej przez niego specjalnej funkcji dzeta. Niestety, po dziś dzień hipoteza Riemanna pozostaje już od ponad półtora wieku nadal nieudowodniona.

Powracając do głównego wątku naszych rozważań należy w jakiś sposób stwierdzić, czy wygenerowana w opisany, losowy sposób 2048-bitowa liczba jest liczbą pierwszą. W tym celu należałoby ją dzielić po kolei przez wszystkie liczby nieparzyste mniejsze od pierwiastka z tej liczby, jednak gdybyśmy chcieli postępować w ten sposób, to pracowalibyśmy dosłownie do końca świata. Inne, nieco szybsze metody, jak choćby sito Eratostenesa, też nie zdałyby się w tym wypadku na nic, po prostu tego rodzaju liczby są dla nich zbyt wielkie.

Musimy zatem poprzestać w rozważanym przypadku jedynie na prawdopodobieństwie, tzn. przyjmujemy z góry pewną wartość progową

prawdopodobieństwa (na przykład jedną miliardową) i w związku z tym godzimy się, że z takim właśnie prawdopodobieństwem (jak przykładowo jeden do miliarda) możemy od czasu do czasu przepuścić przez nasze sito jakąś liczbę złożoną, którą błędnie potraktujemy jako liczbę pierwszą. Od przyjętej przez nas wartości prawdopodobieństwa zależała będzie także liczba testów statystycznych pierwszości, które musimy obowiązkowo wykonać. Przykładowo w przypadku tzw. testu pierwszości Solvaya-Strassena prawdopodobieństwo przepuszczenia liczby złożonej jako liczby pierwszej wynosi jedna druga. Zatem jeśli omawiany test wykonamy przykładowo dziesięciokrotnie, to prawdopodobieństwo przepuszczenia liczby złożonej jako liczby pierwszej ma się tak, jak jeden do 1024. Gdybyśmy przykładowo chcieli, żeby prawdopodobieństwo to było mniejsze niż jeden do miliona, wówczas trzeba byłoby wykonać jeden po drugim aż 20 tego rodzaju testów. Podobnie, gdyśmy założyli, że prawdopodobieństwo omyłkowego przepuszczenia przez nasze sito liczby złożonej ma być mniejsze niż jeden do miliarda, wtedy liczba wykonywanych jeden po drugim testów pierwszości Solvaya-Strassena musiałby wynieść 30. Jak widać, wykonując odpowiednią liczbę tego rodzaju testów pierwszości prawdopodobieństwo popełniania pomyłki możemy uczynić dowolnie małym. Na przykład po wykonaniu 50 kolejnych testów pierwszości Solvaya-Strassena prawdopodobieństwo przepuszczenia liczby złożonej jako liczby pierwszej będzie już mniejsze niż jeden do biliarda, a zatem w praktyce takie zdarzenie w realnym świecie nie ma w zasadzie prawa już zajść, chociaż nadal zdarzenie takie nie jest bynajmniej zdarzeniem niemożliwym.

Jak już wspomniano, algorytm RSA jest obecnie bardzo popularny, jednak nadal poszukiwane są inne metody zapewniające jeszcze większy poziom kryptograficznego bezpieczeństwa. Jedną z tego rodzaju metod jest tzw. kryptografia krzywych eliptycznych ECC (ang. Eliptic Curve Cryptography). W tym wypadku funkcja jednokierunkowa sprowadza się do wyznaczania wartości logarytmu dyskretnego obliczanego w oparciu o krzywe eliptyczne. Metoda ECC jest techniką szyfrowania asymetrycznego, która jest w stanie zapewnić znacznie wyższy poziom bezpieczeństwa w porównaniu z algorytmem RSA przy tej samej długości klucza. Przykładowo, jeśli w przypadku algorytmu RSA długość klucza wynosi 1024 bity, to taki sam poziom bezpieczeństwa zapewnia technika ECC z kluczem o długości jedynie około 160 bitów.

Jednak obecnie najbardziej perspektywiczna wydaje się dziedzina kryptografii kwantowej, u podstaw której leżą zjawiska zachodzące w obrębie

mikroświata. Świat cząstek elementarnych różni się w sposób istotny od tego, do czego jesteśmy przyzwyczajeni w naszym świecie makroskopowym. Podstawową różnicą jest istnienie w przypadku mikroświata tzw. dualizmu korpuskularno-falowego, który sprowadza się do tego, że każdy obiekt do tego świata należący możemy traktować zarówno jako punktową cząstkę bądź też jako falę, która spełnia tzw. równanie Schroedingera. Istota rozważanego dualizmu korpuskularno-falowego nie została dotychczas w sposób przekonywujący wyjaśniona, a sam fakt, że cząstka elementarna, taka jak na przykład wspomniany elektron, może jednocześnie znajdować się w kilku dowolnie odległych miejscach, wydaje się wręcz przeczyć zdrowemu rozsądkowi. Niestety nasza praktyczna intuicja, pozwalająca nam na co dzień w miarę sprawnie funkcjonować w naszym makroświecie, zawodzi całkowicie, gdy tylko przejdziemy do poziomu mikroświata.

Jak już wspomniano, elektron może jednocześnie znajdować się w dowolnej liczbie miejsc i bynajmniej nie jest tak, że w rzeczywistości jest on tylko i wyłącznie w jednym z nich, a my możemy, w związku z naszą niewiedzą, szacować jedynie wartość prawdopodobieństwa, że on właśnie się w danym miejscu znajduje. Z powyższym zjawiskiem wiąże się tzw. paradoks Einsteina-Podolskiego-Rosena, gdzie informacja o stanie jednej cząstki będącej w stanie splątania kwantowego z inną cząstką rozchodzi się w przestrzeni z nieskończenie wielką prędkością, co stoi w jawnej sprzeczności ze szczególną teorią względności Einsteina, w myśl której informacja nie może być przekazywana z prędkością większą od prędkości światła.

W istocie rozważany elektron jest we wszystkich tych miejscach jednocześnie i dopiero gdy wykonamy pomiar, czyli przeniesiemy zjawisko z poziomu mikroświata do poziomu naszego makroświata, to ostatecznie rozważany elektron ujawnia swą obecność w tylko jednym z tych miejsc. Co ciekawe, nie jest rzeczą do końca jasną, gdzie przebiega ścisła granica pomiędzy mikroświatem, a znanym nam z życia codziennego makroświatem, i dlaczego w obserwowanej na co dzień rzeczywistości makroskopowej nie zachodzą tego rodzaju zjawiska, że przykładowo jakieś duże obiekty istnieją jednocześnie w wielu miejscach.

Z powyższym związany jest słynny paradoks tzw. kota Schroedingera, gdzie foton pada na półprzepuszczalne zwierciadło i z prawdopodobieństwem ½ powoduje w efekcie rozbicie fiolki z cyjankiem, w związku z czym zamknięty w szczelnym pomieszczeniu kot przechodzi do dziwnego stanu będącego superpozycją życia i śmierci i dopiero wykonie pomiaru (zaglądnięcie przez istotę świadomą do wnętrza tego pomieszczania sprawi, że rozważany kot okaże się w końcu ostatecznie żywym bądź całkowicie

martwym). Z kolei pytanie o rolę świadomości w procesie wykonywania pomiarów w rzeczywistości kwantowej doprowadziło do powstania niezwykłej w swej istocie tzw. teorii wielu światów.

Wracając jednak do zagadnień kryptografii, należy powiedzieć, że szyfrowanie kwantowe służy przede wszystkim do przekazywania informacji za pomocą emitowanych kwantów światła (fotonów). W stacji odbiorczej polaryzatory ustawione są pionowo bądź poziomo i w zależności od polaryzacji danego fotonu przechodzi on przez nie bądź nie, co odpowiada wartościom binarnym zera i jedynki. W takim wypadku klucz szyfrujący określa sekwencję użytych polaryzatorów (poziomych bądź pionowych). Dodatkowo należy zaznaczyć, że w zasadzie nie ma możliwości przechwycenia tego rodzaju transmisji bez jej zakłócenia, a przynajmniej jest to wielce nieprawdopodobne, co dodatkowo zabezpiecza transmitowany szyfrogram przed podsłuchem.

## BIBLIOGRAFIA

1. Adrian Mencel: *Identyfikacja zagrożeń wynikających z użytkowania systemów informatycznych;* UE Katowice; Academic Review of Business and Economics, 2(1), 79-94. https://doi.org/10.22367/arbe.2022.02.05; ISSN 2720-457X Vol. 2(1), 2022.
2. Raport pełnomocnika rządu ds. cyberbezpieczeństwa: w 2023 r. odnotowano ponad 100-procentowy wzrost cyberataków; https://bydgoszcz.tvp.pl/76947518/raport-pelnomocnika-rzadu-ds-cyberbezpieczenstwa-w-2023-r-odnotowano-ponad-100procentowy--wzrost-cyberatakow.
3. Raport Agencji Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa ENISA z 2023 roku; https://odoserwis.pl/a/2029/unia-europejska-raport-enisa-z-2023-roku-dotyczacy-krajobrazu-cyberbezpieczenstwa
4. *Global Cybersecurity Outlook* 2023 https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Security_Outlook_Report_2023.pdf.
5. *Global geopolitical instability has helped close perception gap between business* https://ciosea.economictimes.indiatimes.com/news/security/global-geopolitical-instability-has-helped-close-the-perception-gap--between-business-and-cyber-leaders-wefs-global-cybersecurity-outlook-2023/97754985.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 175-190
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Janusz Rybarski**
Dr inż., Zakład Informatyki,
Wyższa Szkoła Ekonomii i Informatyki
w Krakowei (WSEI)
email: jrybarski@wsei.edu.pl
ORCID: 0009-0009-1999-7983

# NISKOKODOWY FRAMEWORK OPARTY NA ZDARZENIACH NAPISANY W JĘZYKU JAVA

## LOW CODE EVENT BASED JAVA FRAMEWORK

***Słowa kluczowe:*** *java, proces sterowany zdarzenia, low code framework*
***Key words:*** *java, event-driven, framework low-code*

**JEL Classification:** A2, C8, I2

## Streszczenie

Artykuł omawia platformę niskokodową (ang. low-code) opartą na zdarzeniach, zaimplementowaną w języku Java. Omówione zostały główne założenia systemu opartego na blokach logicznych oraz szczegóły implementacyjne obejmujące strukturę klas, mechanizm annotacji dla sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz implementacja przykładowego bloku logicznego (koniunkcja). Na zakończenie przedstawiono przykład zastosowania rozwiązania, w którym przepływ danych oraz zachowanie aplikacji

zdefiniowane jest w pliku konfiguracyjnym XML. Przeanalizowano także potencjalne problemy związane z testowaniem systemu, wynikające głównie z jego asynchronicznej natury

**Abstract**
The article discusses an event-based low-code platform implemented in Java. The main assumptions of the system based on logical blocks are discussed, and the implementation details include the class structure, the annotation mechanism for input and output signals and the implementation of an example logical block (conjunction). Finally, an example of the application of the described solution is presented, in which the data flow and application behavior are defined in an XML configuration file. Potential problems related to testing the system, resulting mainly from its asynchronous nature, were also analyzed.

## POJĘCIA PODSTAWOWE

*Low-code* – platforma niskokodowa (ang. *low-code development platform, LCDP*) – jest oprogramowaniem umożliwiającym budowę aplikacji w sposób wizualny, za pomocą diagramów, grafów czy formularzy z ograniczoną znajomością języków programowania [1]

*Event-driven architecture – Architektura oparta na zdarzeniach* – to styl projektowania aplikacji, w którym aplikacja reaguje na różne zdarzenia, takie jak np. naciśnięcie przycisku, przesłanie danych przez sieć czy też zmiana stanu aplikacji. W tej architekturze aplikacja składa się z wielu niezależnych komponentów, które są ze sobą połączone przez system zdarzeń. [2]

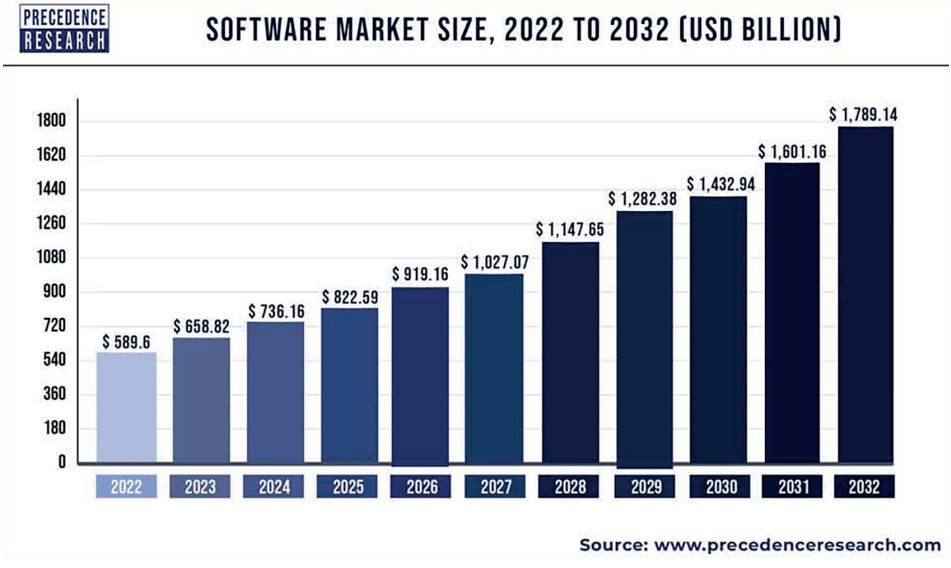
*Wielowątkowość* (ang. *multithreading*) – cecha systemu operacyjnego, dzięki której w ramach jednego procesu może być wykonywanych kilka zadań nazywanych wątkami. Nowe zadania to kolejne ciągi instrukcji realizowane do pewnego stopnia niezależnie. Wszystkie wątki (zadania) w ramach tego samego procesu współdzielą tę samą wirtualną przestrzeń adresową zawierającą kod programu i jego dane. [3]

*Framework* – szkielet do budowy aplikacji. Definiuje on strukturę aplikacji oraz ogólny mechanizm jej działania, a także dostarcza zestaw komponentów i bibliotek ogólnego przeznaczenia do wykonywania określonych zadań. [4]

## WSTĘP

W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwujemy dynamiczny rozwój rynku IT oraz nowoczesnych technologii z nim związanych. Obecnie trudno sobie wyobrazić, abyśmy mogli funkcjonować bez udziału telefonu, komputera, Internetu, które są obecne wszędzie, począwszy od samochodów, pralek, komputerów a na zwykłych zegarkach skończywszy. Z narzędzi informatycznych korzystamy w domu, szkole, w czasie podróży, a także – co jest wyraźnie zauważalnym negatywnym trendem – coraz częściej cyfrowa rzeczywistość towarzyszy nam także w czasie wolnym. Jednocześnie, co naturalne, wraz ze wzrostem zapotrzebowania na oprogramowanie, wzrosło także zapotrzebowanie na wysoko wyspecjalizowanych pracowników sektora nowoczesnych technologii [5]. Poniżej przedstawiono prognozowaną wielkość rynku IT do 2032 roku [6] w ujęciu globalnym. Widać wyraźnie, iż szacuje się, że rynek ten zwiększy się ponad trzykrotnie.

**Rysunek 1. Wielkość rynku IT 2022-2032 w MLD USD**




*Źródło: https://www.precedenceresearch.com/software-market (2024-03-20).*

Pomimo tego, że większość szkół wyższych kształci studentów w nowoczesnych technologiach podaż pracowników w dalszym ciągu nie zaspokaja popytu, a związana z tym rosnąca dysproporcja pomiędzy podażą a popytem, powoduje znaczną presję płacową na rynku IT, oraz coraz częstsze wykluczenie małych i średnich firm w przysłowiowym „wyścigu zbrojeń".

W związku z tym, firmy chętniej, niż było to zauważalne dawniej, spoglądają w kierunku rozwiązań, które pozwalają zastąpić niedobór pracowników sektora IT, bądź też powodujących zmniejszenie zapotrzebowania na tego typu specjalistów. Z pomocą przychodzą rozwiązania oparte bądź to o generatywną sztuczną inteligencję, powszechnie nazywane rozwiązaniami AI (ang. Artificial Intelligence) lub ML (ang. Machine Learning) albo też platformy low-code. Wymienione rozwiązania, o ile nie zastąpią całkowicie pracowników sektora IT, pozwalają firmom przenieść część prac na barki sztucznej inteligencji lub osoby, których wykształcenie odbiega od wykształcenia związanego z nowoczesnymi technologiami. W szczególności platformy low-code pozwalają przenieść część prac związanych na przykład z rozwojem oprogramowania, tworzeniem automatycznego obiegu dokumentów lub innych zadań dotychczas wykonywanych przez specjalistów IT, na osoby o odmiennym profilu edukacyjnym. Platformy takie wymagają jedynie podstawowej umiejętności programowania (w przeciwieństwie do platform no-code, które nie wymagają znajomości języków programowania), a tworzone rozwiązania najczęściej budowane są w oparciu o łatwy do opanowania interfejs graficzny. Według Allied Market Research [7] globalny rynek platform low-code wzrośnie z 11,5 mld dolarów w 2021 roku do 125 mld dolarów w roku 2030. Szacuje się, iż oprogramowanie low-code będzie odgrywać znaczącą rolę w branżach takich jak [8]:

- IoT – Internet of things, gdzie skupiać się będzie głównie na zbieraniu, analizie i wizualizacji danych,
- w branżach wysoko regulowanych takich jak finanse i opieka zdrowotna,
- jako narzędzie DevOps,
- do analizy i wizualizacji danych,
- do budowania i prototypowania aplikacji mobilnych i webowych.

Niniejszy artykuł opisuje, stworzony w języku java, sterowany zdarzeniami low-code framework, który z powodzeniem wykorzystywany jest w stworzonym przez Autora systemie inteligentnego domu (ang. Smart

House). Autor w oparciu o opisywane oprogramowanie stworzył automatyczny system odpowiadający za sterowanie elementami inteligentnego domu na podstawie zdarzeń i pomiarów otrzymywanych w czasie rzeczywistym.

## GŁÓWNE ZAŁOŻENIA SYSTEMU

Głównym celem implementacji opisywanego rozwiązania było stworzenie prostego narzędzia, które na podstawie zachodzących zdarzeń jest w stanie sterować dedykowanymi urządzeniami jak: oświetlenie, bramy, rolety itp. Całość powinna umożliwić łatwą konfigurację przepływu danych najlepiej w sposób graficzny lub też w innej formie, czytelnej dla użytkownika, a także pozwalać modyfikować logikę, a co za tym idzie zachowanie systemu, bez konieczności pisania kodu oraz kompilacji rozwiązania. Niniejsze założenia zdefiniowano następująco:

- zmiana logiki działania systemu nie wymaga pisania kodu ani kompilacji aplikacji,
- możliwe jest graficzne projektowanie i definiowanie przepływu sygnałów i zdarzeń,
- konfiguracja przepływu danych (ang. workflow) oparta jest na łatwo interpretowanym pliku tekstowym w formacie xml wykorzystującym zdefiniowane „bloki" logiczne,
- każdy z „bloków" jest niezależnym wątkiem uruchamianym na podstawie stanu danych wejściowych,
- poszczególne bloki są połączone, a przepływ danych pomiędzy nimi zależy jedynie od stanu bloku poprzedzającego oraz parametrów wejściowych,
- każdy z bloków logicznych jest reprezentowany przez klasę napisaną w języku java, a przejrzysta struktura klas oraz zdefiniowane interfejsy pozwalają tworzyć własne „bloki" logiczne oraz rozbudowywać istniejące rozwiązania.

## SZCZEGÓŁY IMPLEMENTACYJNE

Aby spełnić wyżej wymienione założenia, zaproponowano rozwiązanie, które opiera się na abstrakcyjnej klasie bazowej reprezentującej podstawowy „blok" logiczny.

**Listing 1. Klasa bazowa Task**

```
public abstract class Task extends Thread {
   public void addConnection(int outputId, Connection connection) {
   public void after()
   public void before()
   public Set<Integer> getAllConnectedOutputs()
   public List<Connection> getAllConnectionsForOutput(int outputId)
   public Object getParameter(int parameterId)
   public Object getValue(int inputNumber) {
   public boolean isRunning()
   public void populateOutputs()
   public void run()
   public void setParameter(int parameterId, Object value)
   public void setRunning(boolean isRunning)
   public void setTaskId(int taskId)
   public void setValue(int inputNumber, Object value)
   private void waitForData()
   public void deleteConnections()
   public String describeClass()
   public String describeFields()
   public abstract boolean isReady();
   public abstract void execute();
}
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Zdefiniowane metody odpowiadają zarówno za wstępną konfigurację „bloku" jak również za przesył danych pomiędzy „blokami". Po stronie użytkownika tworzącego własne rozwiązanie pozostaje zaimplementowanie dwóch abstrakcyjnych metod *isReady()* oraz e*xecute()*.

Metoda *isReady()* wywoływana jest w momencie ustalenia nowej wartości zmiennej wejściowej oraz definiuje warunki, które muszą zostać

spełnione aby „blok" rozpoczął swoje działanie, czyli wywołał metodę *execute()*. Natomiast metoda *execute()*, odpowiada za logikę wykonywanego bloku. To w niej użytkownik definiuje zadania, które mają zostać wykonane przed propagacją sygnału wyjściowego do kolejnego bloku.

Poniżej zaprezentowano implementację przykładowego bloku logiczny reprezentujący operację koniunkcji (operacja AND):

**Listing 2 Implementacja bloku logicznego AND**

```
@TaskPackage(name = "Logic")
public class And extends Task{
        @Input(id = 1)
        private Boolean input1 = null;
        @Input(id = 2)
        private Boolean input2 = null;
        @Output(id = 1)
        private Boolean output;
        public And(int taskId) {
                super(taskId);
        }
        @Override
        public void execute() {
                output = input1 & input2;
                input 1 = null;
                input2 = null;
        }
        @Override
        public boolean isReady() {
                if ((input1 != null) && (input2 != null)) {
                        return true;
                }
                return false;
        }
}
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Sygnały wejściowe, wyjściowe oraz parametry ustawiane w ramach konfiguracji systemu wykorzystują mechanizm adnotacji. Mechanizm ten pozwala przekazywać dodatkowe metadane, które mogą być wykorzystane na etapie kompilacji, jak również w czasie działania programu. W czasie działania aplikacji skorzystano z mechanizmu refleksji aby odczytać dane klasy. Wymieniony mechanizm odpowiada za znajdowanie pól oznaczających wejścia jak i wyjścia oraz pola definiujące parametry systemu. Dzięki takiemu rozwiązaniu użytkownik w sposób swobodny może definiować zarówno wejścia jak i wyjścia dla każdego z bloku logicznego oraz definiować parametry, które są niezbędne do poprawnego wykonania określonego działania. Całość rozwiązania dopełnia przejrzysta konfiguracja w postaci pliku XML.

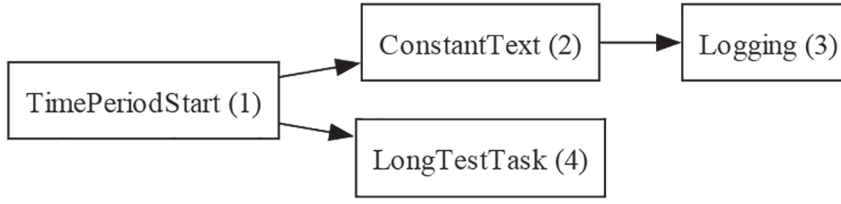
## LOGIKA STEROWANA ZDARZENIAMI ORAZ WIELOWĄTKOWOŚĆ

Jak zostało wspomniane wcześniej, jedną z idei przyświecających podczas przygotowania opisywanego rozwiązania, było stworzenie frameworka sterowanego zdarzeniami [9]. Zaletą takiego podejścia jest całkowita asynchroniczność wykonywanych, zdefiniowanych zadań. Każde z nich uruchamiane jest niezależnie, na podstawie stanu wewnętrznego obiektu i danych wejściowych. Pozwala to budować zaawansowane rozwiązania, które łatwo można skalować w zależności od potrzeb. Dodawanie kolejnych elementów nie wpływa, o ile sygnały nie są w jednym torze danych, na wykonywanie innych wcześniej zdefiniowanych zadań. W tym celu zdecydowano, że implementacja każdego z elementów systemu, „bloku" będzie opierała się o wątek w języku java, (ang. *Thread)* [10][11]. Dlatego też podstawowa klasa abstrakcyjna *Task* rozszerza klasę *Tread*. W momencie odczytu pliku xml definiującego logikę systemu, następuje utworzenie i uruchomienie poszczególnych bloków, każdy w osobnym wątku. Następnie po sprawdzeniu stanu wejść oraz warunków uruchomienia wątku, każdy z bloków przechodzi w stan uśpienia. Obudzenie wątku następuje w momencie ustawienia wartości na wejściu wątku, co skutkuje wywołaniem metody *isReady()*, i po wykonaniu zadania, następuje przejście do stanu uśpienia. Podejście takie gwarantuje, że wątki, które są rzadko uruchamiane nie zajmują czasu procesora.

## PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA OPISANEGO ROZWIĄZANIA

Poniżej zaprezentowano graficzną reprezentację przykładowej aplikacji zbudowanej w oparciu o zdefiniowany, zaprezentowany poniżej schemat logiczny. Aplikacja, co cztery sekundy, w tym celu wykorzystano blok *TimePeriodStart*, loguje – blok *Logging*, określony tekst – zdefiniowany w bloku *ConstantText* na standardowe wyjście (w tym przypadku będzie to ekran komputera) oraz uruchamia blok *LongTestTask*, które symuluje długo wykonywane zadanie (około 7 sek).

**Rysunek 2. Schemat blokowy zaimplementowanej przykładowej logiki**




*Źródło: opracowanie własne.*

oraz jej konfiguracja w pliku *xml*:

Listing 3. Przykładowa konfiguracja XML

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<Configuration>
  <task class="lowcode.tasks.time.TimePeriodStart" id="1" >
    <parameters>
      <parameter id="1" value="4000"/>
    </parameters>
    <outputs>
      <output id="1" task="2" input="1" />
    </outputs>
  </task>
```

```
  <task class="lowcode.tasks.text.ConstantText" id="2">
    <parameters>
      <parameter id="1" value="Hello word example"/>
    </parameters>
    <outputs>
      <output id="1" task="3" input="1" />
      <output id="1" task="4" input="1" />
    </outputs>
  </task><!--text -->
  <task class="lowcode.tasks.outputs.Logging" id="3"> <!-- logging -->
  </task>
  <task class="lowcode.tests.LongTestTask" id="4">
  </task>
</Configuration>
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Kod samego programu, napisanego w języku java ogranicza się jedynie do dwóch głównych kroków:

- w pierwszym następuje wczytanie pliku konfigurującego parametry logowania wymagane przez użytą bibliotekę log4j,
- w drugim kroku, pokazanym poniżej następnie wczytanie pliku „tasks.xml" definiującego przepływ danych (opisanego powyżej) i uruchomienie wszystkich zdefiniowanych zadań.

**Listing 4. Konfiguracja odczytywania pliku konfiguracyjnego**

```
FileReader fileReader = new FileReader("tasks.xml");
fileReader.crateModel(taskManager);
taskManager.startTasks();
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Opisany fragment kodu jest niezależny od logiki zdefiniowanej przez użytkownika w pliku *task.xml*. Oznacza to, że raz skompilowany kod może

być wykorzystywany w prawie dowolnym rozwiązaniu, a zmiany logiki wymagają jedynie zmian w pliku *task.xml*.

Całość aplikacji napisanej w języku java wygląda następująco.

**Listing 5. Kod uruchamiający aplikację**

```
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    /* Wczytanie parametrów konfiguracyjnych logowania */
      LoggerContext context = (LoggerContext) LogManager.getContext(false);
    File file = new File("log4j2.xml");
    context.setConfigLocation(file.toURI());

    /* Wczytanie zadań i ich uruchomienie */
    TaskManager taskManager = new TaskManager();
    FileReader fileReader = new FileReader("tasks.xml");
    fileReader.crateModel(taskManager);
    taskManager.startTasks();
  }
}
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Po uruchomieniu aplikacji, na ekranie powinniśmy zobaczyć tekst *„Hello word example"*, który wyświetlany jest co cztery sekundy. Poniżej pokazano fragment wyświetlany na ekranie komputera po uruchomieniu aplikacji.

**Listing 6. Wiadomości wyświetlane na ekranie komputera**

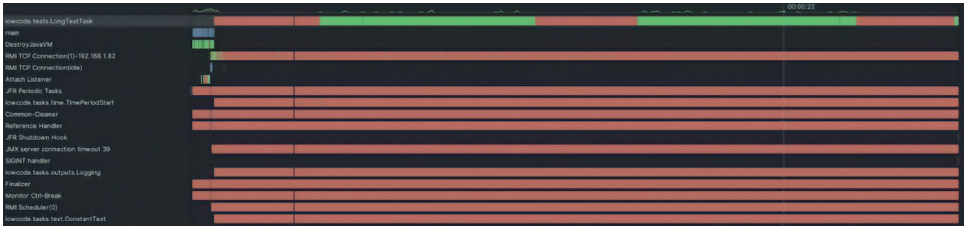
```
09:49:58.097 [main] INFO  lowcode.utils.TaskManager - The start signal has been sent to all tasks
09:49:58.098 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Has been started
09:49:58.098 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask - Has been started
09:49:58.098 [lowcode.tasks.text.ConstantText] INFO  lowcode.tasks.text.ConstantText - Has been started
09:49:58.099 [lowcode.tasks.time.TimePeriodStart] INFO  lowcode.tasks.time.TimePeriodStart - Has been
started
```

```
09:50:02.104 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask - Started
09:50:02.104 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:06.106 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:10.106 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:10.250 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask - Stopped: 8145.0 ms
09:50:14.108 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:14.108 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask - Started
09:50:18.108 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:22.109 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:22.405 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask - Stopped: 8297.0 ms
09:50:26.109 [lowcode.tasks.outputs.Logging] INFO  lowcode.tasks.outputs.Logging - Hello word example
09:50:26.109 [lowcode.tests.LongTestTask] INFO  lowcode.tests.LongTestTask – Started
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Dla uruchomionej aplikacji wykonano zrzut ekranu, pokazujący poszczególne wątki oraz stan każdego z nich na przestrzeni około 10 sekund. Wyraźnie widać, że większość wątków znajduje się w stanie uśpienia (kolor czerwony), co dotyczy wątków odpowiadających za uruchomienie co 4 sekundy całego procesu *(TimePeriodStart)*, przekazanie tekstu (ConstantText) do bloku logującego *(Logging)* oraz zalogowanie komunikatu na ekranie. Na tym tle wyraźnie jednak zaznacza się blok, kolorem zielonym, wykonujący prace wymagające czasu *(LongTestTask)*. Blok ten po wykonaniu zadania przechodzi w stan uśpienia, co zobrazowane jest kolorem czerwonym, znajdującym się pomiędzy kolorem zielonym.

**Rysunek 3. Wątki oraz ich wywołanie w czasie**

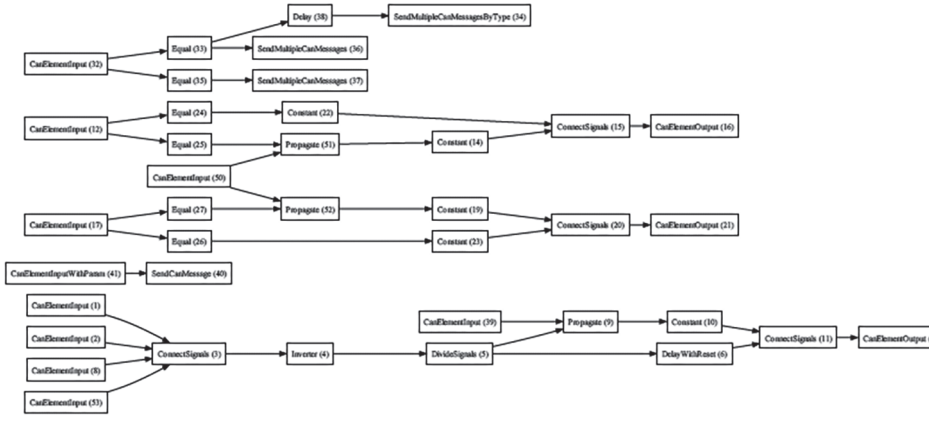



*Źródło: opracowanie własne.*

Całość zachowuje się więc zgodnie z założeniami. Pojedyncze bloki działają asynchronicznie, a ich konfiguracja odbywa się za pomocą prostego pliku w formacie XML.

Omawiane rozwiązanie zostało z powodzeniem użyte przez Autora – w domu – jako system sterujący inteligentnym budynkiem, odpowiedzialnym za sterowanie oświetleniem garażu. Całość składa się z 45 bloków odpowiedzialnych między innymi za pomiar wartości oświetlenia, informację o otwarciu drzwi oraz bram garażowych, a także odczyt informacji z czujników ruchu. Graficzną reprezentację przepływu danych pomiędzy blokami zaprezentowano poniżej.

**Rysunek 4. Graficzna reprezentacja przykładowej logiki sterującej inteligentnym domem**




*Źródło: opracowanie własne.*

## POTENCJALNE PROBLEMY

Ze względu na specyfikę działania proponowanego rozwiązania oraz pełną asynchroniczność pomiędzy poszczególnymi zadaniami występują duże problemy z testowaniem całości zdefiniowanej logiki. Poszczególne „bloki" systemu są testowane za pomocą testów jednostkowych, jednak, kompleksowe testy wymagają zagwarantowania przepływu sygnału pomiędzy poszczególnymi blokami. Ze względu na to, że każdy z wątków

wybudzany jest w momencie zmiany stanu jednego z wejść, a następnie sprawdzane są warunki uruchomienia zadania, testowanie całej struktury wymagałoby znajomości stanów każdego z wejść w przestrzeni czasu, bądź też odpowiednie wymuszenie takiego stanu na każdym z bloków. Zatem symulowanie poszczególnych sygnałów lub wykorzystanie bloków o znanych zadanych parametrach (np. generujących określony sygnał w czasie niezależnie od stanu wejść) pozwala z pewnym prawdopodobieństwem ocenić jakość stosowanego rozwiązania.

## ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowany framework, pomimo zastosowanych standardowych rozwiązań języka java i dzięki prostocie konfiguracji, która umożliwia, w sposób czytelny dla użytkownika definiowanie przepływu danych oraz zachowania systemu, pozwala w sposób prawie nieograniczony na rozbudowę istniejących bloków logicznych lub tworzenie własnych. Podejście takie pozwala zastosować omawiane rozwiązanie w wielu dziedzinach, takich jak przepływ danych i dokumentów, automatyzacja procesów, bądź też sterowanie urządzeniami w szczególności IoT (ang. Internet of Things). Całość może być uruchamiana na zwykłych komputerach klasy PC, bądź też na coraz częściej spotykanych, komputerach jednopłytkowych typu Raspberry-Pi.

## BIBLIOGRAFIA

1. https://pl.wikipedia.org/wiki/Platforma_niskokodowa.
2. https://ccit.pl/event-driven-architecture-2/.
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielow%C4%85tkowo%C5%9B%C4%87.
4. https://pl.wikipedia.org/wiki/Framework.
5. https://www.parkiet.com/parkiet-plus/art37031971-zapotrzebowanie-na-programistow-juz-siega-zenitu-szczytu-popytu-nie-widac.
6. https://www.precedenceresearch.com/software-market.
7. https://www.globenewswire.com/en/news-release/.
8. https://itwiz.pl/10-trendow-dotyczacych-platform-low-code-na-rok-2023/.
9. Bellemare A. *Mikrousługi oparte na zdarzeniach. Wykorzystanie danych w organizacji na dużą skalę.* Helion S.A. 2021, s. 28.

10. Niemeyer P., Knudsen J. *Java. Wprowadzenie*, Wydawnictwo Helion 2023, s. 199.
11. Eckel B. *Thinking In Java*, Wydawnictwo Helion 2006 s. 907.
12. Gamma E., Helm E., Johnson R., Vlissides J. *Wzorce projektowe*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2008.
13. Hunt A., Thomas D. *Junit Pragmatyczne testy jednostkowe w Javie*, Wydawnictwo Helion 2006.

Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki
Nr 20/2024, s. 191-208
DOI: XXXXXX

ISSN 1734-5391
e-ISSN 2957-2223



**Marta Magdalena Szymczyk**
mgr inż.
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
email: marta.m.szymczyk@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0679-2407

# ANALIZA METODY ELASTYCZNEGO STEROWANIA RUCHEM W SIECIACH SDN

## ANALYSIS OF FLEXIBLE TRAFFIC CONTROL METHOD IN SDN

***Słowa kluczowe:*** *sieci sterowane programowo, sieci neuronowe, uczenie przez wzmacnianie, głębokie uczenie*

***Key words:*** *Software-Defined Networks, SDN, Neural Networks, Reinforcement Learning, Deep Learning*

**JEL Classification:** C 45

## WSTĘP

Jednym z najbardziej zaawansowanych rozwiązań, które pojawiły się w odpowiedzi na wyzwania stawiane nowoczesnym sieciom komputerowym, są sieci definiowane programowo (SDN). Umożliwiają one efektywne zarządzanie zasobami oraz ruchem sieciowym, co jest niewątpliwą zaletą w obliczu coraz bardziej skomplikowanych sieci wymagających dynamicz-

nego zarządzania. Dzięki centralizacji kontroli i możliwości elastycznego zarządzania, SDN otwiera nowe możliwości w zakresie optymalizacji sieci. Niemniej jednak pełne wykorzystanie potencjału SDN wymaga opracowania zaawansowanych i adaptacyjnych metod sterowania.

Artykuł ten skupia się na analizie aktualnych metod elastycznego sterowania sieciami SDN oraz na prezentacji rozwiązania mającego na celu poprawę efektywności i adaptacyjności zarządzania sieciami. Przedstawione podejście opiera się na zastosowaniu uczenia maszynowego, a w szczególności na technice uczenia przez wzmacnianie (ang. Reinforcement Learning). Technika ta pozwala sieciom na autonomiczne podejmowanie decyzji, bazując na wcześniejszych doświadczeniach i dynamicznie zmieniających się warunkach, co jest zbliżone do sposobu, w jaki uczą się ludzie.

Celem proponowanego rozwiązania jest nie tylko zwiększenie wydajności sieci, ale także poprawa jej elastyczności oraz zdolności do adaptacji w czasie rzeczywistym. Wykorzystanie uczenia przez wzmacnianie umożliwia dynamiczne i elastyczne sterowanie ruchem sieciowym, co przekłada się na bardziej efektywne i responsywne zarządzanie zasobami. W artykule dokonano przeglądu istniejących rozwiązań oraz szczegółowo opisano opracowane własne, oryginalne podejście, wskazując na jego potencjalne korzyści i możliwości wdrożenia.

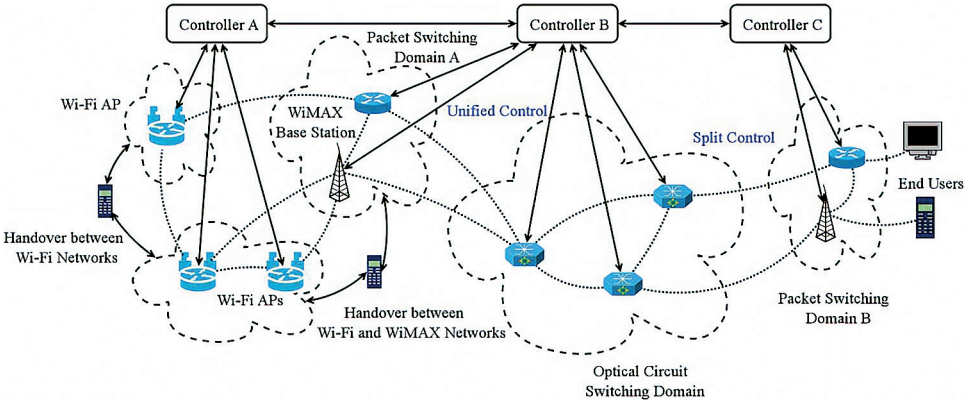
W rozdziale 2 i 3 krótko zaprezentowano wykorzystane technologie jako krótki wstęp teoretyczny. Celem rozdziału 4 jest przedstawienie przeglądu literatury dotyczącej wykorzystania RL w kontekście SDN. Analiza dostępnej literatury pozwoli na zidentyfikowanie głównych wyzwań oraz przyszłych kierunków badań w tej interdyscyplinarnej dziedzinie. Podsumowanie przeglądu literatury pozwoli na wyciągnięcie wniosków dotyczących skuteczności zastosowania RL w SDN oraz wskaże potencjalne kierunki dalszych badań, które mogą przyczynić się do jeszcze lepszego wykorzystania tej technologii w praktyce. W projektowej części artykułu zaprezentowano możliwość nauki sieci neuronowej na bazie uczenia ze wzmocnieniem, gdzie sieć neuronowa poszukuje optymalnej konfiguracji spełniającej wymagania postawione przed siecią SDN. Jako przykład takiego działania przedstawiono problem poszukiwania najkrótszej ścieżki w sieci.

## CHARAKTERYSTYKA SIECI STEROWANYCH PROGRAMOWO

Sieci sterowane programowo (ang. *Software-Defined Networking*, w skrócie SDN) to koncepcja sterowania siecią, która opiera się na oddzieleniu

warstwy sterowania od warstwy transportowej. Urządzenia sieciowe przy użyciu takiej koncepcji mają za zadanie jedynie przesył danych. Wszystkie instrukcje płyną z głównego elementu w SDN, czyli inteligentnego kontrolera, który zarządza oraz steruje siecią. Za jego pomocą możliwe jest programowe zarządzanie zachowaniem sieci, a także monitorowanie i diagnozowanie jej stanu. Poprzez centralizację zarządzania SDN pozwala na kontrolę całego środowiska, co przekłada się na efektywność operacyjną, optymalizację wykorzystania zasobów oraz zwiększenie elastyczności i bezpieczeństwa sieci. Komunikacja między kontrolerem oraz urządzeniami jest możliwa za pomocą protokołu, którego najbardziej rozpowszechnionym przykładem jest protokół OpenFlow [1].

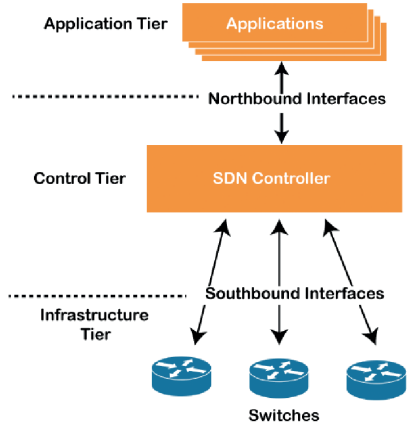
**Rysunek 1. Przykład infrastruktury SDN ilustrujący jego ideę**




*Źródło: opracowano na podstawie [1], data dostępu: 18.08.2024.*

Architektura SDN składa się z trzech głównych warstw: warstwy aplikacji, płaszczyzny sterowania oraz płaszczyzny danych. Każda z tych warstw pełni określone funkcje, które współpracują ze sobą w celu zapewnienia elastycznego i zcentralizowanego zarządzania siecią. Zobrazowaną architekturę SDN można zobaczyć na Rys. 2.

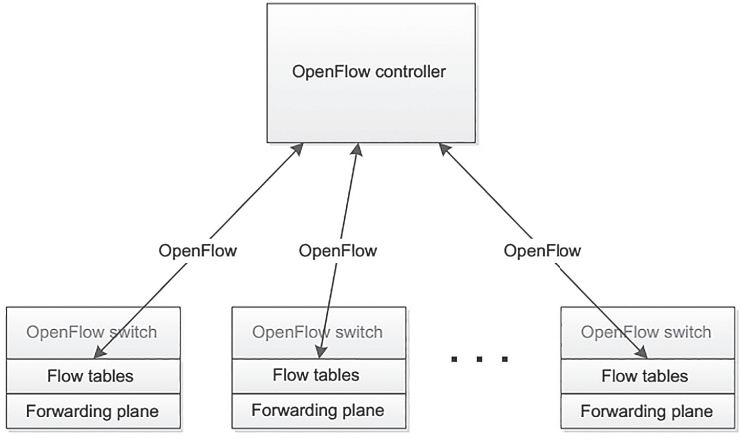
**Rysunek 2. Architektura SDN**




*Źródło: opracowano na podstawie [2], data dostępu: 18.08.2024.*

OpenFlow to protokół komunikacyjny wykorzystywany między kontrolerem SDN a przełącznikami sieciowymi. OpenFlow definiuje sposób, w jaki kontroler może zdalnie programować tablice przekazywania danych w przełącznikach kontrolując przy tym przepływ pakietów w sieci [1]. Rys. 3 ilustruje ogólną architekturę protokołu OpenFlow.

**Rysunek 3. Ogólny schemat działania protokołu OpenFlow**




*Źródło: opracowano na podstawie [3], data dostępu: 18.08.2024.*

## CHARAKTERYSTYKA UCZENIA PRZEZ WZMACNIANIE

Uczenie przez wzmacnianie (ang. *Reinforcement learning*, w skrócie RL) czerpie inspirację z psychologii, gdzie proces uczenia się człowieka oparty jest na doświadczeniach i popełnianiu błędów. Leży ono pomiędzy uczeniem nadzorowanym a nienadzorowanym, jest to definitywnie ambitniejszy i najnowocześniejszy sposób uczenia niż wcześniej wymienione propozycje. W tego rodzaju podejściu wykorzystywany jest agent, który podejmuje decyzje w środowisku i w zależności od wyniku tych działań, jest nagradzany lub karany (Rys. 4). Kara zdefiniowana jest jako negatywna nagroda. Nagroda jest najważniejszym elementem w uczeniu przez wzmacnianie, pozwala ona wzmacniać lub zmieniać zachowanie agenta. Jest ona odzwierciedleniem niedawno wykonanych akcji agenta. Środowisko, w którym działa agent, jest kluczowym elementem tego procesu i zazwyczaj definiowane jest zarówno dla treningu sieci, jak i dla testowania jej skuteczności. Agent i środowisko komunikują się za pomocą nagrody oraz obserwacji środowiska.

Agent posiada [4]:

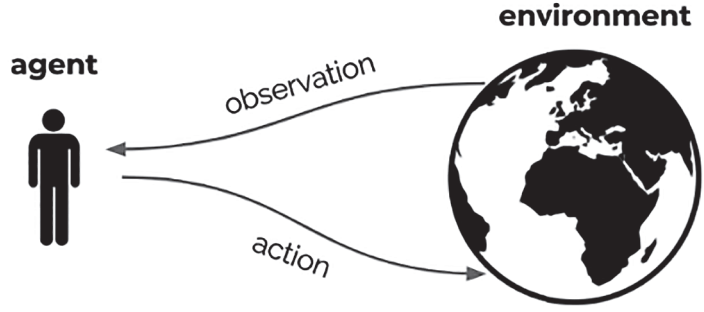
- Politykę czyli zbiór zasad, który ogranicza zachowania agenta,
- Hiperparametry, które mogą pomagać w regulacji procesu uczenia.

Środowisko posiada:

- Swój stan,
- Krok będący funkcją, która bazując na akcji agenta zmienia stan środowiska oraz zwraca nagrodę,
- Epizod składający się ze zbioru kroków, po których stan środowiska jest resetowany,
- Nagrodę jako zmienną zwracaną po wykonaniu akcji,
- Obserwację opisującą stan środowiska w postaci macierzy, wektora lub skalara.

Uczenie przez wzmacnianie to uczenie aktywne, w którym poprzednie akcje wpływają na przyszłe wybory agenta. Dodatkowym atutem tego rozwiązania jest fakt, że nie potrzebujemy przykładów poprawnych wyborów lub zachowań.

**Rysunek 4. Pętla interakcji między agentem a środowiskiem**




*Źródło: opracowano na podstawie [5], data dostępu: 18.08.2024.*

Procesy Markowa (ang. *Markov process*) wykorzystywane są w RL do modelowania problemów jak i w szeroko pojętej dziedzinie inżynierii. Głównym założeniem jest to, że istnieje system, na który my jako obserwatorzy nie możemy wpływać. System posiada stany, między którymi może przechodzić z pewną logiką. Przestrzenią stanów nazywamy wszystkie stany systemu, są one zbiorem skończonym. Obserwator jest w stanie stworzyć łańcuchy stanów. Bardzo ważną własnością, którą posiadają procesy Markowa jest to, że stany przyszłe muszą być definiowane tylko przez stan aktualny. Jest to własność Markowa [6].

## PRZEGLĄD LITERATURY

**Tabela 1. Wybrane artykuły**

| Źródło | Rok publikacji | Osiągnięcia i kierunki dalszych badań |
|---|---|---|
| [7] | 2019 | Kompleksowy przegląd algorytmów uczenia maszynowego w SDN, obejmujący klasyfikację ruchu, optymalizację routingu, przewidywanie QoS i zarządzanie zasobami. |
| [8] | 2020 | System obrony sieciowej oparty na RL, wykrywający i łagodzący ataki na IoT w czasie rzeczywistym, skutecznie minimalizujący wpływ ataków w małych sieciach prywatnych |

| | | |
|---|---|---|
| [9] | 2021 | Wykrywanie i łagodzenie ataków DDoS oraz zarządzanie nagłymi wzrostami obciążenia w SDN za pomocą wieloagentowego RL, wykazując lepsze wyniki w opóźnieniu, jitterze i utracie pakietów. |
| [10] | 2021 | Analiza roli DRL w zarządzaniu SDN-NFV w Edge-IoT, podkreślająca znaczenie tych technologii w poprawie wydajności i efektywności zarządzania sieciami. |
| [11] | 2021 | Omawia i porównuje techniki uczenia maszynowego w kontekście routingu, podkreślając potrzebę dalszych badań w tym zakresie. |
| [12] | 2023 | Przedstawiają nowatorskie podejście do konsolidacji maszyn wirtualnych w SDN z NFV, wykorzystujące DRL oparte na transformerach, co zwiększa efektywność energetyczną i optymalizuje rozmieszczenie funkcji sieciowych jako VM. Metoda ta skraca czas wnioskowania i treningu, zachowując wysoką jakość usług |
| [13] | 2023 | Opis algorytmu trasowania wykorzystujący wieloagentowe, wielozadaniowe RL, zapewniający lepszą skalowalność i QoS dla różnych rodzajów ruchu. Implementacja w kontrolerze Ryu wykazała skuteczność w adaptacji do awarii łączy, zmian w topologii i wahań ruchu. |
| [14] | 2023 | Opis podejścia do inżynierii ruchu w hybrydowych sieciach SDN, łączące uczenie samonadzorowane i RL, co poprawia równoważenie obciążenia w porównaniu z nowoczesnymi metodami. |
| [15] | 2023 | Opis podejścia do kontroli zatorów w SDN za pomocą MARL, wykorzystującego algorytm Q-learning do adaptacji do zmieniających się warunków sieciowych. |

*Źródło: opracowanie własne.*

Wybrane artykuły zostały zaprezentowanie w Tab. 1, uporządkowane względem roku publikacji. Podsumowanie przeglądu literatury wskazuje, że zastosowanie zaawansowanych technik RL w zarządzaniu sieciami SDN przynosi liczne korzyści. Techniki te zwiększają efektywność energetyczną i operacyjną oraz pozwalają na lepsze dostosowanie do dynamicznie zmieniających się warunków sieciowych. Inteligentne mechanizmy zarządzania zasobami redukują potrzebę manualnej interwencji, co obniża koszty operacyjne i zwiększa skalowalność oraz elastyczność sieci. Przyszłe badania powinny koncentrować się na dalszej optymalizacji tych technik, zwiększeniu ich skalowalności oraz ocenie ich efektywności w rzeczywistych środowiskach produkcyjnych. Potencjał uczenia wzmacniającego w kontekście SDN i IoT jest ogromny, a dalszy rozwój tych technologii może znacząco wpłynąć na przyszłość obszaru zarządzania sieciami.

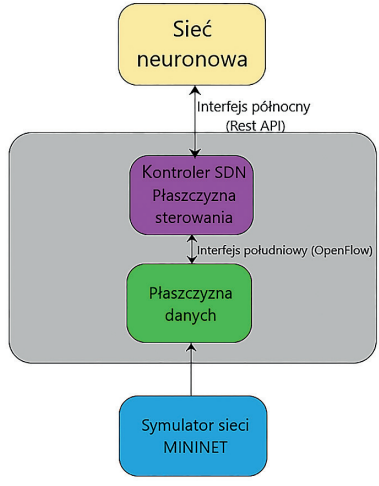
# PROJEKT ZASTOSOWANIA UCZENIA MASZYNOWEGO W SDN

## Ogólny schemat i topologia

Za pomocą REST API z Floodlight wczytywana jest struktura oraz parametry sieci. Na podstawie tych danych stworzono model do nauki sieci neuronowej, następnie sieć została poddana uczeniu, w wyniku czego znajduje optymalną ścieżkę w zadanej jej sieci. Ostateczny wynik działania sieci neuronowej zostaje następnie przekształcony w konfigurację, która jest przesyłana z powrotem za pomocą REST API do Floodlight.

Proponowany system (Rys. 5) zawiera sieć neuronową. Ma ona za zadanie wyznaczyć najkrótszą ścieżkę, którą przesłany będzie ruch. Komunikuje się ona z kontrolerem SDN za pomocą interfejsu północnego, a dokładnie REST API. Komunikacja między kontrolerem SDN, a przełącznikami jest możliwa za pomocą interfejsu południowego. Wybrany do tego został standardowy protokół komunikacyjny OpenFlow. W trakcie konfiguracji początkowej projektu za pomocą narzędzia Mininet przesyłana jest wcześniej zdefiniowana topologia sieci do kontrolera SDN.

**Rysunek 5. Architektura systemu**




*Źródło: opracowanie własne.*

## Realizacja projektu sieci SDN z siecią neuronową uczoną przez wzmocnienie

### *Emulacja sieci – konfiguracja sieci w Mininet*

Testowaną topologię sieci uruchamiano za pomocą narzędzia Mininet oraz specjalnej komendy, w której jako parametry określamy, że kontroler SDN nie działa lokalnie, jego adres IP, port na którym kontroler będzie się komunikował, ścieżkę pod którą można znaleźć niestandardową topologię, użycie niestandardowej topologii „mytopo", użycie narzędzia „Traffic Control", przepustowość łączy oraz opóźnienie na łączu.

### *Wczytanie danych z SDN oraz przygotowanie danych*

Za pomocą własnego skryptu wczytującego i przygotowującego oraz REST API dane z sieci SDN są pobierane do środowiska sieci neuronowej. Skrypt wykonuje szereg operacji, aby pobrać i przetworzyć dane dotyczące sieci zarządzanej przez kontroler SDN. Kod efektywnie przetwarza dane dotyczące topologii sieci SDN, tworzy reprezentację macierzową połączeń i identyfikuje kluczowe węzły końcowe w sieci w ten sposób przygotowując dane do pracy sieci neuronowej.

### *Projekt i implementacja głębokiej sieci DQN*

W projekcie zdefiniowane jest środowisko dla uczenia się maszynowego z użyciem biblioteki GYM. Na początku sprawdzana jest poprawność danych wejściowych otrzymanych z SDN, a potrzebnych do nauki sieci neuronowej i przygotowywane całe środowisko. W trakcie nauki będzie tworzony zapis tego procesu w postaci zapamiętania prawdopodobieństw akcji modelu. W tym celu tworzony jest jednowymiarowy wektor dla węzła startowego, a następnie jest zapisywane przewidywane prawdopodobieństwo dla każdej akcji do pliku CSV po każdej epoce nauki.

Istotnym elementem implementacji jest zdefiniowana w projekcie funkcja „create_model" pokazana na Rys. 6, która tworzy model sieci neuronowej. W modelu zdefiniowane są trzy warstwy, w tym dwie ukryte z aktywacją ReLU, a trzecia wyjściowa z aktywacją softmax, która konwertuje wyjście na prawdopodobieństwa sumujące się do 1. Używany jest optymalizator Adam oraz funkcja straty „categorical_crossentropy", standardowej funkcji strat dla problemów klasyfikacji wieloklasowej. Argumenty funkcji to liczba wejściowych cech, czyli wymiary wejściowe, liczba wyjściowych klas, czyli wymiary wyjścia oraz współczynnik uczenia dla optymalizatora Adam, domyślnie ustawiony na wartość 0.01. Tworzony

jest model sekwencyjny, który pozwala na dodawanie warstw w sposób liniowy. Funkcja zwraca skonfigurowany model.

**Rysunek 6. Tworzenie modelu sieci neuronowej**

```
def create model(input dim, output dim, learning rate=0.01):
    model = keras.Sequential(
        [
            layers.Dense(64, input_dim=input_dim, activation='relu'),
            layers.Dense(64, activation='relu'),
            layers.Dense(output_dim, activation='softmax')
        ])
    model.compile(optimizer=Adam(learning_rate=learning_rate),
                  loss='categorical crossentropy')
    return model
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Bardzo ważnym krokiem w projekcie jest trenowanie modelu sieci neuronowej w środowisku (Rys. 7). Argumentem funkcji jest środowisko oraz liczba epizodów treningowych, domyślnie ustawiona na wartość 1000. Na początku inicjalizowane są zmienne odpowiadające liczbie węzłów w sieci oraz wymiarom wejścia i wyjścia, które są równe właśnie liczbie węzłów. Następnie tworzony jest model sieci neuronowej za pomocą funkcji „create_model". Za pomocą pętli funkcja przechodzi przez każdy epizod treningowy, na początku pętli środowisko jest resetowane do stanu początkowego. Kolejnym etapem jest pętla przez stany w jednym epizodzie. Pętla trwa do momentu aż bieżący węzeł nie będzie węzłem końcowym. Model przewiduje prawdopodobieństwa dla każdej akcji bieżącego stanu i zapisuje je. Następnie prawdopodobieństwa dla niepodłączonych węzłów są zerowane, a zmodyfikowane prawdopodobieństwa są sumowane. Jeśli ta suma jest różna od zera to prawdopodobieństwa są normalizowane. Kolejny węzeł jest wybierany na podstawie prawdopodobieństw akcji. Następnie wyliczana jest nagroda oraz aktualizowany jest stan.

Model trenowany jest następnie przez jedną epokę, po czym aktualizowany jest bieżący stan oraz węzeł. Na końcu funkcja zwraca wytrenowany model.

**Rysunek 7. Trenowanie modelu sieci neuronowej**

```
def learning model(env, num episodes=1000):
    num nodes = env.num nodes
    input dim = num nodes
    output_dim = num_nodes
    model = create_model(input_dim, output_dim)

    for ep in range(num_episodes):
        print('.............. Episode: ', ep, ' ..............')
        state = env.reset()

        while env.current_node != env.end_node:
            action_probs = model.predict(state, verbose=0, workers=4,
               use_multiprocessing=True)[0]
            save_action_probs(model, env, ep)

            # It cannot stay at the same node or if there is no
            # connection between nodes
            tmp action probs = action probs.copy()
            for i in range(num_nodes):
                if env.net[env.current node, i] == 0:
                    tmp_action_probs[i] = 0
            sum_row = np.sum(tmp_action_probs)
            if sum_row != 0:
                tmp_action_probs /= sum_row
            else:
                print('Continue')
                env.current_node = env.end_node
                continue
            action_probs = tmp_action_probs.copy()

            # Action
            next_node = np.random.choice(range(num_nodes),
                                         p=action probs)

            # Calculation of the reward
            reward = env.net[env.current_node, next_node]

            # Update of the state
            next_state = np.zeros((1, num_nodes))
            next_state[0, next_node] = 1

            # Training a model
            target = np.zeros((1, num nodes))
            target[0, next_node] = reward

            print('FIT: current node: ', env.current_node,
                  ' next node: ', next_node)

            model.fit(state, target, epochs=1, verbose=0, workers=4,
               use multiprocessing=True)

            state = next_state
            env.current_node = next_node

    return model
```

*Źródło: opracowanie własne.*

Po zakończeniu tego procesu znajdowana jest ścieżka od węzła początkowego do węzła końcowego w środowisku symulacyjnym za pomocą wytrenowanego modelu sieci neuronowej. Taki wynik jest z kolei przygotowywany do powrotnego wysłania do sieci SDN.

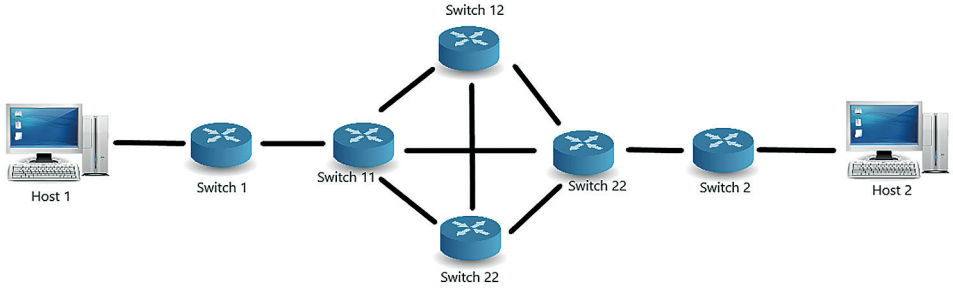
### *Transfer wyników do SDN*

Aby odesłać wyniki działania sieci neuronowej używany jest skrypt wyjściowy, który dodaje statyczne przepływy do sieci SDN na podstawie najkrótszej ścieżki między węzłami. Dane uzyskane z sieci neuronowej są tłumaczone na postać potrzebną do zaprogramowania (modyfikacji konfiguracji) sieci komputerowej i wysyłane do kontrolera SDN.

## Topologia testowa

W pierwszym przypadku wykorzystano topologię sieci przedstawioną na Rys. 8. Topologia ta została indywidualnie wygenerowana za pomocą skryptu napisanego w języku Python. Sieć składa się z dwóch hostów oraz sześciu przełączników. Jest to topologia testowa wybrana aby w sposób czytelny zaprezentować działanie proponowanego rozwiązania. Przełączniki środkowe są ze sobą połączone na zasadzie „każdy z każdym", a dwa przełączniki zewnętrzne tworzą połączenie z hostami.

**Rysunek 8. Topologia sieci**




*Źródło: opracowanie własne.*

Topologia badanej sieci SDN:

- Liczba hostów: 2
- Liczba przełączników: 6

- Liczba połączeń sieciowych: 11

Parametry sieci neuronowej:

- Liczba warstw sieci: 3
- Warstwy sieci:
  - Gęsta o wymiarze 64 i funkcją aktywacji „relu”
  - Gęsta o wymiarze 64 i funkcją aktywacji „relu”
  - Gęsta o wymiarze 16 i funkcją aktywacji „softmax”
  - Parametr „learnin rate” = 0,01
  - Funkcja „loss” = „ategorical_crossentropy”

## Wyniki testów

Z wykresów pokazanych na Rys. 9 i 10 oraz Tab. 2 wynika, że liczba epok po których sieć się nauczyła wynosi 20.

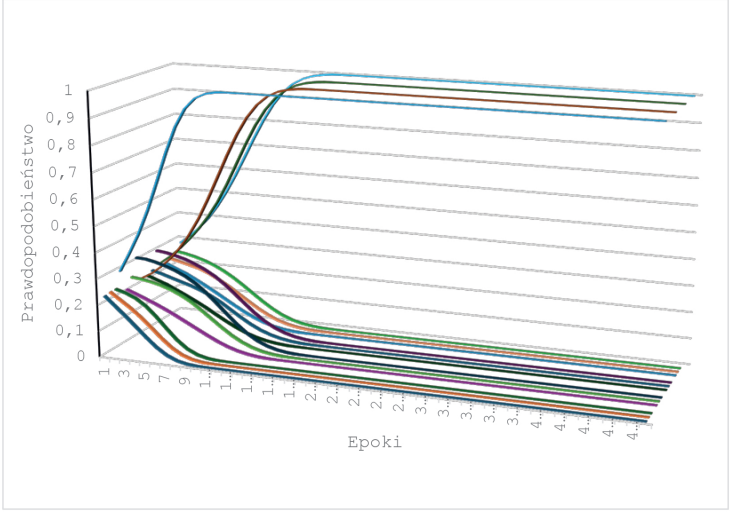
**Tabela 2. Wartości „action probes” po każdej epoce**

| E | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,233 | 0,236 | 0,236 | 0,295 | 0,212 | 0,249 | 0,315 | 0,223 | 0,223 | 0,232 | 0,301 | 0,244 | 0,226 | 0,235 | 0,256 | 0,282 |
| 1 | 0,198 | 0,209 | 0,225 | 0,368 | 0,197 | 0,245 | 0,313 | 0,245 | 0,209 | 0,222 | 0,296 | 0,273 | 0,210 | 0,226 | 0,250 | 0,314 |
| 2 | 0,164 | 0,182 | 0,209 | 0,445 | 0,181 | 0,238 | 0,305 | 0,275 | 0,195 | 0,209 | 0,287 | 0,308 | 0,194 | 0,216 | 0,241 | 0,349 |
| 3 | 0,127 | 0,151 | 0,182 | 0,540 | 0,165 | 0,229 | 0,293 | 0,312 | 0,177 | 0,198 | 0,277 | 0,349 | 0,174 | 0,206 | 0,229 | 0,391 |
| 4 | 0,090 | 0,115 | 0,146 | 0,649 | 0,147 | 0,216 | 0,280 | 0,358 | 0,158 | 0,186 | 0,262 | 0,394 | 0,153 | 0,189 | 0,214 | 0,444 |
| 5 | 0,056 | 0,078 | 0,104 | 0,762 | 0,128 | 0,198 | 0,261 | 0,413 | 0,139 | 0,172 | 0,243 | 0,446 | 0,131 | 0,169 | 0,194 | 0,506 |
| 6 | 0,030 | 0,046 | 0,064 | 0,861 | 0,108 | 0,176 | 0,237 | 0,479 | 0,118 | 0,154 | 0,221 | 0,507 | 0,107 | 0,146 | 0,171 | 0,576 |
| 7 | 0,013 | 0,023 | 0,034 | 0,931 | 0,087 | 0,148 | 0,206 | 0,559 | 0,095 | 0,133 | 0,192 | 0,580 | 0,084 | 0,119 | 0,143 | 0,653 |
| 8 | 0,005 | 0,009 | 0,015 | 0,971 | 0,067 | 0,118 | 0,170 | 0,645 | 0,073 | 0,107 | 0,158 | 0,662 | 0,062 | 0,093 | 0,114 | 0,731 |
| 9 | 0,001 | 0,003 | 0,006 | 0,989 | 0,047 | 0,089 | 0,132 | 0,732 | 0,052 | 0,081 | 0,123 | 0,743 | 0,043 | 0,068 | 0,086 | 0,804 |
| 10 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,997 | 0,031 | 0,062 | 0,095 | 0,812 | 0,035 | 0,058 | 0,090 | 0,818 | 0,027 | 0,046 | 0,060 | 0,867 |
| 11 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,999 | 0,019 | 0,040 | 0,063 | 0,878 | 0,022 | 0,038 | 0,061 | 0,879 | 0,016 | 0,029 | 0,038 | 0,917 |
| 12 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,010 | 0,023 | 0,039 | 0,928 | 0,013 | 0,024 | 0,039 | 0,925 | 0,009 | 0,016 | 0,023 | 0,952 |
| 13 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,005 | 0,012 | 0,021 | 0,961 | 0,007 | 0,014 | 0,023 | 0,957 | 0,004 | 0,009 | 0,013 | 0,974 |
| 14 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,002 | 0,006 | 0,011 | 0,981 | 0,003 | 0,007 | 0,012 | 0,977 | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,987 |
| 15 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,001 | 0,003 | 0,005 | 0,992 | 0,001 | 0,003 | 0,006 | 0,989 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,994 |
| 16 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,997 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,995 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,998 |
| 17 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,999 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,998 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,999 |
| 18 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 19 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 20 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 21 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 22 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 23 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 24 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 25 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 26 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 27 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 28 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 29 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 30 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 32 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 33 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 34 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 35 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 36 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 37 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 38 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 39 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 40 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 41 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 42 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 43 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 44 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 45 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 46 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 47 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 48 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| 49 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |

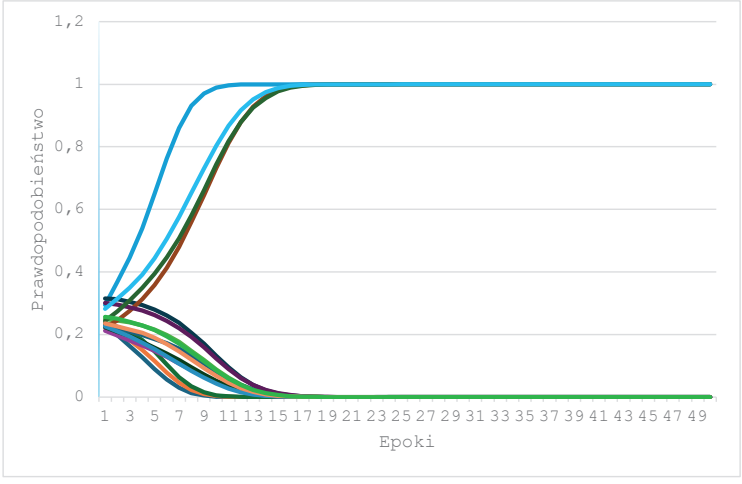
*Źródło: opracowanie własne.*

**Rysunek 9 Wykres przestrzenny wartości „action probes” po każdej epoce**




*Źródło: opracowanie własne.*

**Rysunek 10 Wykres płaski wartości „action probes" po każdej epoce**




*Źródło: opracowanie własne.*

## Interpretacja wyników testów

W analizowanym przypadku sieć neuronowa wykazywała stabilne zachowanie oraz charakteryzowała się szybkim procesem uczenia, co można zaobserwować na podstawie faktu, że osiągała stan nasycenia po kilkudziesięciu epokach. Na tej podstawie można wywnioskować, że dobrane parametry sieci neuronowej były optymalne i nie wymagają korekt. Jednakże, w przypadku większych rozmiarów sieci SDN, może zaistnieć potrzeba wprowadzenia pewnych modyfikacji parametrów. Analiza wartości „action probes" pokazuje, że początkowe wartości były zróżnicowane, a w miarę kolejnych epok sieć neuronowa dążyła do jednolitych wyników bliskich wartości 1, co wskazuje na skuteczne uczenie się i minimalizację błędów przewidywania. Wyniki sugerują, że sieci neuronowe mogą być skutecznym narzędziem do przewidywania i zarządzania ruchem w sieciach SDN. Model może być zastosowany do monitorowania sieci, optymalizacji routingu i zapobiegania przeciążeniom. Ze względu na szybkie uczenie się modelu, sieci neuronowe mogą być stosowane w dynamicznych środowiskach, gdzie warunki sieciowe mogą się szybko zmieniać. Model może adaptować się do nowych wzorców ruchu, co jest kluczowe dla wydajnego zarządzania siecią. Choć badania przeprowa-

dzono na stosunkowo małej sieci, metody i wyniki sugerują, że technika ta może być skalowana do większych i bardziej złożonych sieci SDN, co otwiera drogę do dalszych badań i implementacji w realnych środowiskach produkcyjnych.

## PODSUMOWANIE

Celem pracy była analiza metod elastycznego sterowania sieciami SDN oraz opracowanie własnego rozwiązania, które umożliwi inteligentne dostosowanie pracy kontrolera SDN, co zostało zrealizowane. W ramach projektu zastosowano uczenie przez wzmacnianie, które pozwala na autonomiczne podejmowanie decyzji przez sieć uczącą się na podstawie swoich wyborów w dynamicznie zmieniającym się środowisku, co umożliwia elastyczne sterowanie ruchem. Praca miała na celu poprawę wydajności, elastyczności oraz zdolności adaptacyjnych sieci w czasie rzeczywistym.

W analizowanym przypadku sieć neuronowa wykazywała stabilne zachowanie oraz charakteryzowała się szybkim procesem uczenia, co można zaobserwować na podstawie faktu, że osiągała stan nasycenia po kilkudziesięciu epokach. Na tej podstawie można wywnioskować, że dobrane parametry sieci neuronowej były optymalne i nie wymagają korekt. Jednakże, w przypadku większych rozmiarów sieci SDN, może zaistnieć potrzeba wprowadzenia pewnych modyfikacji parametrów.

Zastosowanie uczenia maszynowego w SDN umożliwiło uzyskanie nowych możliwości elastycznego sterowania ruchem. Sieć neuronowa sprawnie i skutecznie odszukiwała optymalne rozwiązanie problemów zadanych topologii. Uczenie maszynowe znajduje także zastosowanie w SDN w rozwiązywaniu nowych, dotychczas nie rozważanych problemów w sieciach SDN, jeśli tylko użytkownik jest w stanie zdefiniować problem i zapisać go w postaci wytycznych do nauki sieci. Sieć neuronowa jest w stanie sprawnie dokonywać modyfikacji SDN analizując i wyszukując najlepsze rozwiązania przy zmiennych wymaganiach i dynamicznie zmieniającym się stanie sieci SDN.

Przyszłe prace mogą skupić się na dalszym dostosowywaniu parametrów sieci neuronowych dla większych i bardziej złożonych sieci SDN, aby jeszcze bardziej zwiększyć ich wydajność i adaptacyjność. Istnieje więc możliwość dzięki temu uzyskania jeszcze większej elastyczności sieci. Można również zbadać integrację innych technik uczenia maszynowego z proponowanym rozwiązaniem, aby poprawić jego efektywność.

Dodatkowo, warto przeprowadzić testy w rzeczywistych środowiskach sieciowych, aby zweryfikować praktyczną użyteczność i skalowalność opracowanego systemu.

## LITERATURA


1. Xia W., Wen Y., Foh C.H., Niyato D., Xie H. *„A Survey on Software-Defined Networking”,* IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015.
2. „javatpoint”, 18 08 2024. [Online]. Available: https://www.javatpoint.com/software-defined-networking-sdn-benefits-and-challenges--of-network-virtualization.
3. Göransson P., Black C., Culver T. *Software Defined Networks A Comprehensive Approach,* Cambridge: Todd Green, 2014.
4. R.S. Sutton, Barto A.G. *Reinforcement Learning,* Cambridge, Massachusets: Westchester Publishing Services, 2020.
5. Hasselt H.V. *„Reinforcement Learning, Lecture 1: Introduction,”* 2021.
6. Lapan M., *Deep Reinforcement Learning Hands-On: Apply modern RL methods to practical problem of chatbots, robotics, discrete optimization, web automation and more, 2nd Edition*, Packt Publishing, 2020.
7. Xie J., Yu F.R., Huang T., Xie R., Liu J., Wang C., Liu Y. *„A Survey of Machine Learning Techniques Applied to Software Defined Networking (SDN): Research Issues and Challenges”,* IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, tom 21, nr 1, 2019.
8. Zolotukhin M., Kumar S., Hämäläinen T. *„Reinforcement Learning for Attack Mitigation in SDN-enabled Networks”,* IEEE, Ghent, 2020.
9. Dake D.K., Gadze J. D., Klogo G. S. *„DDoS and Flash Event Detection in Higher Bandwidth SDN-IoT using Multiagent Reinforcement Learning”,* IEEE, 2021.
10. Alonso R.S., Prieto J., La Prieta F. de, Rodríguez-González S., Corchado J. M. *„Edge-IoT, A Review on Deep Reinforcement Learning for the management of SDN and NFV”,* IEEE, Madrid, 2021.
11. AminR. , RojasE. , Aqdus A., Ramzan S., Casillas-Perez D., Arco J.M. *„A Survey on Machine Learning Techniques for Routing Optimization in SDN”,* IEEE Access, 2021.
12. Jeong E.-D., Yoo J.-H., Hong J.W.-K. *„VM Consolidation for SDN using Transformer-Based Deep Reinforcement Learning”,* IEEE, 2023.
13. Tong W., LijunW. *„Intelligent Online Routing in SDN via Multi-Task Multi-Agent Reinforcement Learning”,* IEEE, 2023.

14. TangQ., Yang R., Guo Y. *„Reinforcement Learning with Contrastive Unsupervised Representations for Traffic Engineering in Hybrid SDN”*, IEEE, 2023.
15. Boussaoud K., Ayache M., En-Nouaary A. *„A Multi-Agent Reinforcement Learning Approach for Congestion Control in network based-SDN”*, IEEE, 2023.