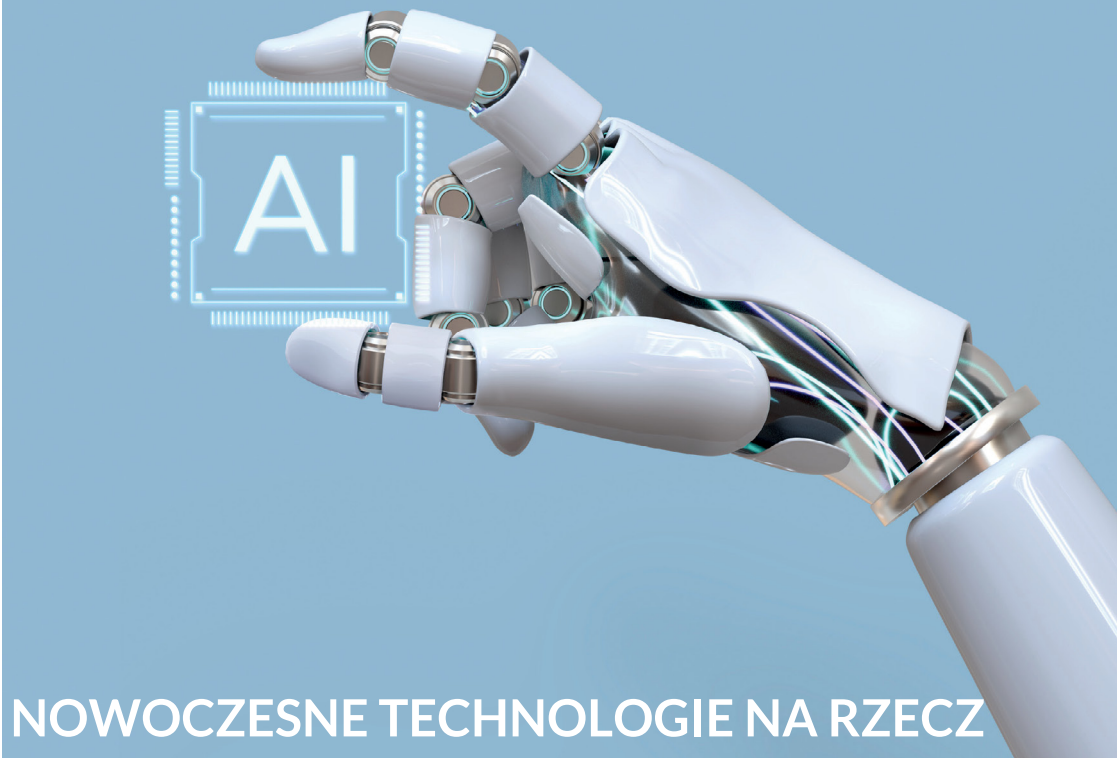
Akademia Bialska im. Jana Pawła II

SPOŁECZEŃSTWO TECHNOLOGIA GOSPODARKA



NOWOCZESNE TECHNOLOGIE NA RZECZ ROZWOJU SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO

TOM 1

Redakcja naukowa: Marta Chodyka

Biała Podlaska 2024

Akademia Bialska im. Jana Pawła II

SPOŁECZEŃSTWO – TECHNOLOGIA – GOSPODARKA

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE NA RZECZ ROZWOJU SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO

TOM 1

Redakcja naukowa
Marta Chodyka

Biała Podlaska 2024

Wydawca
Akademia Bialska im. Jana Pawła II

Recenzenci
prof. dr hab. Vladymir Golovko
dr hab. Józef Waniurski
dr inż. Tomasz Grudniewski
dr Tomasz Siemek

Redaktor techniczny
mgr inż. Ewelina Melaniuk

© Copyright by Akademia Bialska im. Jana Pawła II

ISBN 978-83-68103-08-3

Liczba arkuszy wydawniczych: 7 + grafika

Wydawnictwo AB JPII
ul. Sidorska 95/97, p. 266R
21-500 Biała Podlaska
www.wydawnictwo.akademiabialska.pl

Projekt okładki, skład i druk:
PRINT PROFIT Sp. z o.o.

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie 5

Katarzyna Kurkiewicz
Wielowymiarowy aspekt gospodarki elektronicznej z uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa 6

Patryk Morawiec
Rozwój zrównoważonych technologii informatycznych w perspektywie czwartej rewolucji przemysłowej 24

Joanna Nowicka
Rola i znacznie sztucznej inteligencji w edukacji inżynierskiej – przypadek ChatGPT 39

Adam Weinert
AI w zarządzaniu strategicznym – przykład narzędzia Localo jako aplikacji do analizy lokalnej konkurencji 59

Piotr Wilczek
Nowe metody komputerowej analizy sygnałów biomedycznych 68

Włodzimierz Wójcicki, Robert Tomaszewski
Matematyka w gospodarce i wokół nas 86

Aleksander Zbirański
Dialogujące komputery – kres człowieczeństwa? 95

Konrad Żak
Techniczno-technologiczne wsparcie świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej 104

Wprowadzenie

Monografia stanowi interdyscyplinarną analizę wpływu nowoczesnych technologii na różnorodne aspekty życia społeczno-gospodarczego. Publikacja ma na celu ukazanie złożonych interakcji między technologią, społeczeństwem a gospodarką, z uwzględnieniem aktualnych wyzwań oraz przyszłych możliwości w dynamicznie rozwijającym się kontekście technologicznym. W obliczu niespotykanych dotąd wyzwań technologicznych i społecznych, rola nauki w analizowaniu i przewidywaniu trendów staje się kluczowa.

W niniejszym tomie poruszane są niezwykle ważne kwestie związane z gospodarką elektroniczną, w tym aspekty bezpieczeństwa oraz zrównoważony rozwój technologii informatycznych w kontekście czwartej rewolucji przemysłowej. Autorzy rozdziałów analizują różnorodne aspekty codzienności oraz możliwe scenariusze przyszłości, dyskutując zarówno o szansach, jak i o ryzykach związanych z postępem technologicznym, zmianami w strukturach gospodarczych oraz ich implikacjami dla społeczeństwa. Szczególną uwagę poświęcono znaczeniu sztucznej inteligencji w edukacji i zarządzaniu strategicznym, zwracając uwagę na innowacyjne narzędzia wspierające analizę konkurencji. Omówiono również nowoczesne metody komputerowej analizy sygnałów biomedycznych, które odgrywają istotną rolę w medycynie i naukach przyrodniczych.

Każdy z rozdziałów zawiera nie tylko teoretyczne rozważania, ale także konkretne zestawienia danych, wyniki badań oraz propozycje aplikacyjne, szczególnie istotne w zmieniającym się świecie. Monografia dostarcza, zarówno analiz teoretycznych, jak i wyników badań empirycznych oraz praktycznych rozwiązań, które mogą pomóc w lepszym zrozumieniu i wykorzystaniu nowoczesnych technologii w różnych sferach życia.

Wysoki poziom merytoryczny i naukowy monografii został zapewniony dzięki wkładowi ekspertów oraz procesowi recenzji. Publikacja ta stanowi cenne źródło wiedzy dla naukowców, przedsiębiorców oraz wszystkich zainteresowanych wpływem technologii na rozwój społeczno-gospodarczy, oferując zarówno teoretyczne perspektywy, jak i praktyczne rozwiązania.

dr inż. Marta Chodyka

Katarzyna Kurkiewicz[1]
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Wielowymiarowy aspekt gospodarki elektronicznej z uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa

Streszczenie

E-gospodarka, znana również jako gospodarka elektroniczna, to dynamiczny obszar działalności gospodarczej oparty na rozwiązaniach technologicznych. W artykule przedstawiono zależność między tradycyjną gospodarką a jej elektronicznym wymiarem. Autorka omówiła problemy związane z zagrożeniami, jakie niesie za sobą gospodarka elektroniczna, wyróżniając zagrożenia celowe i przypadkowe. Poruszono również kwestie bezpieczeństwa, w tym bezpieczeństwa sprzętu, kontroli dostępu oraz zakupu oprogramowania komercyjnego. Na koniec omówiono problematykę przepisów prawnych regulujących e-gospodarkę w świetle prawa Unii Europejskiej i Polski. Celem artykułu jest odpowiedź na pytanie, w jakim kierunku zmierza e-gospodarka, z uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa, oraz potwierdzenie bądź sfalsyfikowanie postawionej hipotezy badawczej. Autorka odniosła się do zastosowania takich metod badawczych jak: uogólnienie, analiza, synteza i wnioskowanie. Niniejszy artykuł nie wyczerpuje pełnego problemu, ale jedynie wskazuje kierunki analizy.

Słowa kluczowe: e-gospodarka, gospodarka, e-handel, e-biznes, cyfryzacja, rozwój technologiczny, informacja, zagrożenia, przedsiębiorstwa, konsument

Abstract

E-economy, also known as electronic economy, is a dynamic area of economic activity based on technological solutions. The article indicates the relationship between the traditional economy and its electronic dimension. The author understood the problem-specific issues related to the threats posed by the electronic economy, distinguishing intentional threats and accidental threats. Security issues were presented, including hardware security and access controls, as well as the purchase of commercial software. Finally, the issue of legal provisions regulating the e-economy in the light of European Union and Polish law was raised. The aim of the article is to answer the question in what direction the e-economy is heading, taking into account security issues, and to confirm or falsify the research hypothesis. The author referred to the use of such research methods in the article as: generalization, analysis, synthesis, and inference. This article does not constitute a full exhaustion of the problem but only indicates the directions of analysis.

Keywords: e-economy, economy, ecommerce, e-business, digitalization, technological development, information, threat, enterprise, consumer

[1] e-mail: kasia56340@gmail.com

Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii i zachodzące wraz z nim zmiany zauważalne są niemal w każdym wymiarze życia całego społeczeństwa jak i poszczególnych jednostek. Całokształt tego przekłada się w dużej mierze na wygodę życia. Przemawiają za tym udogodnienia takie jak chociażby: możliwość płatności mobilnych – tutaj dotyczy to przede wszystkim możliwości płatności kartą czy blikiem, coraz częściej używane do płatności są zegarki bądź nawet pierścionki NFC; robienie zakupów na odległość; komputerowe wspomaganie procesów produkcyjnych. Cyfryzacja odmieniła zupełnie sposób życia oraz przekształciła działanie przedsiębiorstw i konsumentów. W obecnym cyfrowym świecie, gospodarka elektroniczna nie tylko jest popularnym światopoglądem, ale koniecznością. Obok znaczących korzyści jakie niesie informatyzacja nie można pominąć kwestii związanych z bezpieczeństwem oraz zagrożeniami. Należy zaznaczyć, iż są to dwa powszechnie znane terminy, oznaczające dwa całkowicie przeciwstawne, ale również współzależne stwierdzenia. Pojęcie bezpieczeństwa ma charakter zmienny i dynamiczny a definiowane jest w różnorodny sposób ze względu na dotyczący go wieloaspektowy fenomen. Najczęściej określane jest jako stan wolny od niepokoju, tworzący poczucie pewności, stan bez troski od łacińskiego „sine cura – securitas'' (Zięba, 2005, s. 33). Bez wątpienia antonimem bezpieczeństwa są zagrożenia. „Współcześnie poczucie zagrożenia u człowieka nieobarczonego chorobliwymi lękami powstaje w atypowych, ekstremalnych sytuacjach, znajdujących bezpośrednie odniesienie do siebie lub innych osób. Pojawia się zazwyczaj sporadycznie, niespodziewanie i spontanicznie, nierzadko także w obliczu spektakularnych doniesień prasowych o przypadkach poruszających wyobraźnię i pozostających w opozycji do powszechnie akceptowanych norm etycznych i prawnych. Na ogół dopiero wówczas występuje potrzeba myślenia czy dyskutowania na temat bezpieczeństwa" (Piwowarski, Zachuta, 2013, s. 6). Bowiem właśnie dzięki zagrożeniom można stwierdzić jaki jest poziom odczuwania bezpieczeństwa w danym miejscu i czasie. Zagrożenia wraz z rozwojem cywilizacyjnym cały czas ewoluują. W artykule formułuje się następującą hipotezę badawczą, iż e-gospodarka stanowi potęgę dzisiejszego świata, przy czym zważając na zagrożenia zmierza ona do wykluczenia tradycyjnej gospodarki. Do tak szerokiego tematu wykorzystano wiele materiałów, w tym publikacje papierowe jak i internetowe, wydawnictwa ciągłe oraz dokumenty normatywne związane z omawianymi problemami.

Gospodarka i e-gospodarka – ujęcie definicyjne

Rozwój gospodarki elektronicznej niesie ze sobą zarówno obietnice jak i wyzwania. W miarę jak technologie cyfrowe penetrują coraz szersze obszary życia społecznego i gospodarczego, kluczowe staje się zapewnienie bezpieczeństwa w tym nowym ekosystemie. Definiowanie terminów takich jak „gospodarka" czy „e-gospodarka" staje się zatem kluczowe, ponieważ to od nich zależy zrozumienie oraz kształtowanie odpowiednich strategii i polityk. Tak więc, odpowiedź na py-

tanie dokąd wielowymiarowy aspekt gospodarki elektronicznej zmierza zważając na kwestie bezpieczeństwa wymaga na początek uporządkowania kwestii definicji dlatego, że należy określić co rozumiemy pod kluczowymi pojęciami. Głównym tego powodem jest używanie zamiennie pojęć odnoszących się i stricte związanych z samą e-gospodarką. Kluczowym również jest aktualizowanie definicji, aby odzwierciedlić zmieniającą się rzeczywistość i trendy. Każde zmiany w w wielowymiarowym aspekcie gospodarki elektronicznej muszą więc uwzględniać te podstawowe definicje, aby skutecznie odpowiadać na wyzwania związane z bezpieczeństwem danych i infrastruktury cyfrowej.

Gospodarka jest szeroko pojętym systemem, który obejmuje wszystkie procesy związane z produkcją, dystrybucją oraz konsumpcją dóbr i usług. Odnosi się do działalności gospodarczej prowadzonej w danej przestrzeni geograficznej – region, kraj, świat. Encyklopedia PWN definiuje gospodarkę jako: „całość mechanizmów i warunków działania podmiotów gospodarczych związana z wytwarzaniem i podziałem dóbr i usług" (Encyklopedia PWN, https://encyklopedia.pwn.pl/, dostęp: 05.07.2024). W ramach gospodarki zachodzą różnorodne interakcje między podmiotami gospodarczymi, takimi jak firmy, konsumenci czy nawet instytucje rządowe. Gospodarka jest nierozerwalnie związana z pojęciem zasobów, zarządzaniem nimi oraz ich alokacją w celu zaspokojenia potrzeb społeczeństwa. Bez wątpienia, kluczowym czynnikiem kształtującym gospodarkę każdego kraju jest międzynarodowa współpraca gospodarcza oraz procesy globalizacyjne (Nerć-Pełka, Wysocka, 2012).

W ewolucji gospodarki kluczowe znaczenie miało wprowadzenie podziału na trzy podstawowe sektory (tzw. teoria trzech sektorów), który zaczął się kształtować w latach trzydziestych XX wieku (Noga, 2000). Teoria ta jest istotnym narzędziem analizy ekonomicznej, pozwalającym na zrozumienie ewolucji gospodarczej oraz struktury gospodarek narodowych. Podział ten obejmuje trzy kluczowe obszary działalności gospodarczej, które historycznie kształtowały rozwój cywilizacji:

1) sektor rolniczy – obejmujący rolnictwo, leśnictwo, myślistwo, rybołówstwo i przemysł wydobywczy;
2) sektor przemysłowy – obejmujący przemysł przetwórczy, górnictwo i budownictwo;
3) sektor usługowy – obejmujący szeroko rozumiane usługi, gdzie usługi materialne (związane z produktami, naprawami przedmiotów) i niematerialne (to usługi świadczone przez jedną osobę drugiej osobie, np. lekarz, prawnik, audytor) (Runge, 2008).

Rzadziej możemy również wyróżnić czwarty sektor, który skupia się na zdobywaniu, przetwarzaniu i dostarczaniu informacji w rozumieniu usług zaawansowanych – branża IT, szkolnictwo, bankowość. Sektory gospodarki są istotne, ponieważ pomagają w analizie różnych dziedzin działalności ekonomicznej. Ukazane segmenty służą także do wskazania osiągniętego stopnia rozwoju gospodarczego oraz o wysokości urbanizacji o której informuje nas malejący udział zatrudnienia w sektorze pierwszym oraz drugim a wzrastający w sektorze trzecim (Runge,

2008). Ten podział został ukazany, aby lepiej zrozumieć historyczne kierunki rozwoju gospodarczego i strukturalne zmiany w ekonomiach narodowych. Umożliwia on analizę przejścia od społeczeństwa rolniczego, przez przemysłowe, aż do współczesnej gospodarki opartej na usługach i technologiach zaawansowanych. Dzięki temu, można lepiej identyfikować i prognozować zmiany w strukturze gospodarki, co jest kluczowe dla planowania polityki ekonomicznej i rozwoju społecznego.

Obecnie wiele krajów funkcjonuje w systemie gospodarczym, który można określić jako gospodarka rynkowa, choć niektórzy używają terminu gospodarka mieszana. Gospodarka rynkowa charakteryzuje się przewagą mechanizmów rynkowych w regulowaniu produkcji, dystrybucji i konsumpcji dóbr oraz usług. W takim systemie ceny są ustalane na podstawie popytu i podaży, a przedsiębiorstwa konkurują ze sobą na wolnym rynku. Rola państwa jest ograniczona do regulacji, ochrony praw własności, zapewnienia porządku publicznego oraz dostarczania publicznych dóbr i usług, które nie są dostarczane w wystarczającym stopniu przez sektor prywatny. Praktyczne zastosowanie tej idei przejawia się w traktatowych regulacjach funkcjonowania Unii Europejskiej, a także w konstytucyjnym uznaniu społecznej gospodarki rynkowej, na przykład w Polsce. W traktacie ustanawiającym Konstytucję dla Europy uznano, że podstawą trwałego rozwoju Unii Europejskiej będzie społeczna gospodarka rynkowa (Traktat ustanawiający Konstytucję dla Europy, Dz. Urz. UE C 310, t. 47, 16.12.2004). Jeżeli chodzi o konstytucyjne uznanie to zgodnie bowiem z art. 20 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej „społeczna gospodarka rynkowa oparta na wolności działalności gospodarczej, własności prywatnej oraz solidarności, dialogu i współpracy partnerów społecznych stanowi podstawę ustroju gospodarczego Rzeczypospolitej Polskiej" (Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r., Dz.U. nr 78, poz. 483). Gospodarka rynkowa wyróżnia się zdolnością do stymulowania innowacji, co wynika z konkurencji, która motywuje przedsiębiorstwa do ciągłego wprowadzania nowych produktów i usług. Taki system sprzyja również tworzeniu dobrobytu, ponieważ firmy, dążąc do zysku, inwestują w rozwój technologii i infrastruktury, co przekłada się na wzrost jakości życia obywateli. W efekcie, dynamiczna gospodarka rynkowa przyczynia się do lepszego dostosowania do zmieniających się potrzeb społeczeństwa, zwiększając ogólne zadowolenie i dobrobyt.

Większość gospodarek świata można również określić mianem gospodarek mieszanych, które łączą elementy gospodarki rynkowej z interwencją państwa w pewne kluczowe obszary. Główną rolę odgrywa w nich własność prywatna i rynek, jednak ograniczoną, choć istotną funkcję pełnią również własność publiczna oraz ingerencja państwa (Musiałkiewicz, Kwiatkowski, 2021). Choć rynek odgrywa dominującą role w alokacji zasobów, państwo interweniuje w celu korygowania nierówności, ochrony środowiska, zapewnienia opieki zdrowotnej, edukacji oraz innych usług społecznych. W gospodarkach mieszanych, rządy często posiadają lub kontrolują niektóre sektory strategiczne, takie jak energetyka, transport czy obrona narodowa. Pandemia COVID-19 również uwydatniła znaczenie gospodarki mieszanej. W wielu krajach rządy interweniowały na dużą skalę,

aby wesprzeć przedsiębiorstwa i obywateli poprzez programy pomocowe, zasiłki i różne formy wsparcia finansowego. Tego rodzaju działania podkreślają, że nawet w najbardziej rynkowo zorientowanych gospodarkach, interwencja państwa jest niekiedy niezbędna do utrzymania stabilności i dobrobytu społecznego. Pojęcie gospodarki mieszanej wynika z przekonania, że ani czysta gospodarka rynkowa, ani całkowicie planowana gospodarka nie są w stanie w pełni sprostać wyzwaniom współczesnych społeczeństw. Gospodarka rynkowa jest efektywna w alokacji zasobów i stymulowaniu innowacji, ale może prowadzić do znaczących nierówności społecznych i problemów związanych z monopolem. Natomiast gospodarka planowana, mimo że może skutecznie realizować cele społeczne, często cierpi na brak elastyczności i innowacyjności. Tak więc, obecny system gospodarczy, często określany jako gospodarka rynkowa lub mieszana, jest wynikiem prób znalezienia równowagi między efektywnością rynkową a interwencją państwową. Ta równowaga pozwala na skuteczne reagowanie na wyzwania gospodarcze i społeczne, zapewniając zarówno rozwój gospodarczy, jak i ochronę interesów społecznych.

Istnieje jeszcze wiele klasyfikacji gospodarki, które pozwalają nam lepiej zrozumieć jej różnorodność oraz dynamikę funkcjonowania. Klasyfikacja bez wątpienia umożliwia analizę i porównanie różnych modeli gospodarczych, co jest istotne zarówno dla badaczy, jak i dla procesów decyzyjnych na różnych szczeblach. Wskazując na różne aspekty możemy wyróżnić klasyfikacje gospodarki:

1) ze względu na sposób pozyskiwania dóbr i usług:
   - gospodarka naturalna,
   - gospodarka towarowo-pieniężna;
2) ze względu na mechanizmy regulacyjne:
   - gospodarka rynkowa,
   - gospodarka nakazowa,
   - gospodarka mieszana;
3) ze względu na siłę powiązań z podmiotami zewnętrznymi:
   - gospodarka otwarta,
   - gospodarka zamknięta,
   - gospodarka częściowo otwarta;
4) ze względu na poziom rozwoju społecznego:
   - gospodarka tradycyjna,
   - gospodarka przemysłowa,
   - gospodarka postindustrialna;
5) inne podziały:
   - gospodarka oparta na usługach,
   - gospodarka oparta na wiedzy,
   - gospodarka oparta na zasobach,
   - gospodarka energooszczędna (gospodarka niskoenergetyczna, gospodarka niskoemisyjna),
   - gospodarka ekstensywna,
   - gospodarka komunalna,

- gospodarka niedoboru,
- gospodarka samowystarczalna (https://plwiki.pl, dostęp: 05.07.2024).

Klasyfikacja gospodarki ze względu na wyżej wymienione aspekty pozwala zrozumieć charakter danej gospodarki oraz daje możliwość badaczom, ekonomistom analizować i porównywać gospodarki na różnych poziomach, co jest kluczowe w procesach decyzyjnych w przypadku, gdzie są wymagane działania naprawcze lub wsparcia. Ma to również znaczenie i wpływ na rozwijanie e-gospodarki w danym kraju lub regionie – oddziałuje na dostępność, charakter, rozwój. Reasumując, temat dotyczący gospodarki stanowi fundament funkcjonowania społeczeństwa wpływając na jakość życia. Ukazane zostały tylko kluczowe aspekty w celu zrozumienia dalszych rozważań. Zrozumienie różnych typów gospodarek jest kluczowe również w kontekście globalnej współpracy i handlu, ponieważ pozwala na lepsze dopasowanie strategii ekonomicznych między krajami. Ponadto, świadomość tych podziałów umożliwia także lepsze przewidywanie ewentualnych skutków działań gospodarczych na skalę lokalną i globalną.

Wraz z rozszerzającym się zjawiskiem nowych technologii, globalizacja wpłynęła w głównej mierze na handel, usługi oraz produkcję. Zatem e-gospodarka stanowi nowy model gospodarki z wykorzystaniem technologicznej rzeczywistości tworząc taką wirtualną arenę. Jak zaznacza Kisielnicki „Gospodarka elektroniczna to wymiana: towarów, usług i własności intelektualnej wszelakiego rodzaju przez media elektroniczne. Jest to też sposób prowadzenia działalności gospodarczej przez uniwersalne i powszechne sieci komputerowe. Gospodarka elektroniczna jest konsekwencją rozwoju technologicznego i konwergencji, czyli połączenia się i przenikania: technik przetwarzania danych, telekomunikacji, wiedzy" (Kisielnicki, 2008, s. 331). Zmieniające się uwarunkowania gospodarcze wymuszają wykorzystanie nowych technologii ze względów na m.in.: konkurencję (pozwalają na efektywniejszą produkcję i dostarczanie usług), łatwiejszy dostęp do rynków (globalny zasięg), innowację (udoskonalenie usług oraz idące za tym większe zyski). Jeżeli mowa o konkurencji to należy zauważyć, że fundamentalną cechą gospodarki elektronicznej jest koncentracja na zasobach niematerialnych, a zwłaszcza na kapitale intelektualnym (Dudek, 2011). Według D. Tapscott'a gospodarka elektroniczna to gospodarka wiedzy – zdolność wykorzystania wiedzy i umiejętności do tworzenia wartości, przychodów i zysków (Tapscott, 1998). E-gospodarka przenika także do każdego sektora gospodarczego niezależnie od produkcji towarów materialnych czy usług niematerialnych. Biorąc pod uwagę względy ekonomiczne można spodziewać się w przyszłości eliminacji z rynku gospodarki wykorzystującej tradycyjne papierowe dokumenty. Jest to skutkiem oddziaływania dwóch procesów odpowiedzialnych za rozwój technologii oraz za większe znaczenie informacji, która stała się w dzisiejszych czasach produktem. W ramach elektronicznej gospodarki prowadzona jest: m.in.:

- elektroniczna wymiana dokumentów,
- elektroniczna bankowość,
- elektroniczne zakupy,

- elektroniczny transfer środków pieniężnych,
- interaktywne systemy informacji głosowej,
- systemy rezerwacji (Borowiecki, Kwieciński, 2003).

Wszystko to przekłada się na zwiększenie produktywności, która powoduje wzrost standardów życia.

Rozwój gospodarki elektronicznej

Gospodarka elektroniczna zaczęła się kształtować w latach 90. XX wieku wraz z upowszechnieniem się Internetu oraz technologii cyfrowych. Nie można wskazać jednoznacznej daty, ponieważ jest to ciągły proces wdrażania technologii cyfrowych do aspektów gospodarki. W ramach e-gospodarki funkcjonuje wiele terminów z nią związanych. Najczęściej e-biznes nazywany jest e-handlem. Należy zauważyć pewną zależność, mianowicie tak jak tradycyjny handel jest częścią biznesu, tak handel elektroniczny jest częścią biznesu elektronicznego, a więc: e-handel (ang. *e-commerce*) < e-biznes (ang. *e-business*) < e-gospodarka (ang. *e-economy*) (Gregor, Stawiszyński, 2002). Oznacza to, że znaczenie e-gospodarki dla jednych przedsiębiorców może być tylko rozwinięciem rynku tradycyjnego, a dla innych może stanowić tą wirtualną arenę. W kontekście e-gospodarki, bardziej precyzyjnym terminem jest biznes elektroniczny (e-biznes), który stanowi jej bardziej szczegółowy obszar. Według A. Hartmana biznes elektroniczny stanowi wykorzystanie nowoczesnych technologii informacyjnych dla praktyki gospodarczej, której przedmiotem są procesy gospodarcze (Hartman, Sifonis, Kador, 2001). W tym kontekście jednym z tych procesów jest e-handel, który odbywa się za pomocą technologii informacyjnych.

Należy wskazać, że rozwój gospodarki elektronicznej jest zjawiskiem ciągle zmieniającym się, ewaluującym. W ostatnich dekadach dynamiczny rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych zrewolucjonizował sposób, w jaki prowadzimy biznes. Transformacja cyfrowa, która trwa nieprzerwanie od kilkunastu lat, zmieniła i wciąż zmienia rzeczywistość, przynosząc społeczeństwu wiele korzyści (*Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2023 r.,* 2023). Automatyzacja procesów biznesowych, wykorzystanie sztucznej inteligencji oraz analizy danych to tylko niektóre z narzędzi, które wspierają rozwój gospodarki elektronicznej. Największy wzrost inwestycji w ten sektor notuje się w latach 2005-2015, po czym tempo wzrostu nieco spowolniło, jednak nie zatrzymało się całkowicie (Czas na cyfrową gospodarkę!, 2024). Spowolnienie procesów gospodarki elektronicznej wynika głównie z trzech głównych czynników: nasycenia rynku, wzrostu kosztów operacyjnych oraz trudności w znalezieniu odpowiednio wykwalifikowanych pracowników. Te czynniki powodują spowolnienie tempa innowacji i rozwoju w branży, utrudniając dynamiczny rozwój firm działających w tym sektorze. W 2017 roku Polska zajęła 23. miejsce w Indeksie Cyfrowej Gospodarki i Społeczeństwa (DESI), odnotowując postępy w korzystaniu z Internetu, infrastrukturze komunikacyjnej i dostępie do szerokopasmowej łączności mobilnej (Polska w indeksie gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego, 2024).

Po wyhamowaniu rozwoju gospodarki cyfrowej, kolejnym punktem zwrotnym stała się pandemia COVID-19, która skłoniła wiele firm do szybkiego przyjęcia i wdrożenia rozwiązań cyfrowych oraz pracy zdalnej. Te zmiany, chociaż początkowo były wynikiem kryzysu, mają teraz trwały wpływ na strategie biznesowe i długoterminowy rozwój przedsiębiorstw. Pandemia COVID-19 przyspieszyła proces digitalizacji i adaptacji technologicznej, nie tylko w zarządzaniu biznesowym, ale także w społeczeństwie jako całości. Organizacje z różnych sektorów, zmuszone do działań w warunkach związanych z pandemią, muszą stosować innowacyjne rozwiązania cyfrowe, aby kontynuować działalność. W obliczu konieczności ograniczenia kontaktów fizycznych i zamknięcia wielu tradycyjnych miejsc pracy, przedsiębiorstwa i konsumenci masowo zaczęli korzystać z rozwiązań cyfrowych. Od tego czasu rozwój gospodarki elektronicznej jest kontynuowany, napędzany rosnącym zapotrzebowaniem na usługi online, zdalną pracę oraz e-commerce. Technologie cyfrowe stały się nieodłącznym elementem codziennego życia, a ich dalsza ekspansja wydaje się nieunikniona.

Z kolei rok 2022 był przełomowy i istotny z perspektywy rozwoju elektronicznej gospodarki, odzwierciedlając dynamiczny postęp technologiczny oraz rosnące znaczenie handlu elektronicznego, które zostało przyspieszone przez pandemię COVID-19. Inflacja i widmo kryzysu gospodarczego skłoniły 76% polskich konsumentów do większych zakupów w Internecie (Raport e-Izby, 2023). Klienci zaczęli preferować wygodę i bezpieczeństwo zakupów online, co wpłynęło na dalszy rozwój e-comerce w Polsce. Przyspieszenie cyfryzacji w 2022 roku wymusiło na firmach inwestycje w technologie IT, logistykę oraz marketing cyfrowy, aby sprostać rosnącym oczekiwaniom klientów. Widoczne zmiany w zachowaniach konsumenckich wskazują na trwałą transformację sektora handlu, gdzie "sieć" staje się głównym kanałem sprzedaży.

Konkludując, nie jest prawdziwym twierdzeniem, że każde pojęcie kojarzone z biznesem elektronicznym znaczy to samo. Taką główną różnicą między tymi dwoma pojęciami jest to, że e-biznes to szersze pojęcie obejmujące prowadzenie działań biznesowych, w tym handlu za pomocą cyfryzacji, ale także obejmuje zarządzanie oraz marketing. Sam e-handel koncentruje się wyłącznie na sprzedaży i zakupie w sieci. Rozwój elektronicznej gospodarki na przestrzeni był charakteryzowany przez kolejne wzrosty i spadki, ale także ciągłą ewolucję. początkowo koncentrował się na głównym e-handlu, czyli sprzedaży i zakupach online. Dziś e-biznes to znacznie więcej niż tylko e-handel. Obejmuje on całościowe podejście do prowadzenia działalności gospodarczej w środowisku cyfrowym. Oprócz sprzedaży i zakupów online, e-biznes obejmuje również zarządzanie firmą przy użyciu technologii cyfrowych, marketing internetowy, obsługę klienta online, analizę danych, logistykę elektroniczną, oraz wiele innych aspektów związanych z prowadzeniem biznesu w erze cyfrowej. Rozwój oprogramowania jest produktem elektrycznym, który jest dostępny pod nową technologią, trendami społecznymi i zmieniającymi się potrzebami biznesowymi. Coraz większa penetracja Internetu, rozwój sztucznej inteligencji, Internetu rzeczy oraz blockchain zawierają tylko niektóre z czynników wywołujących tę ewolucję.

Zagrożenia e-gospodarki

W globalnym krajobrazie gospodarczym, elektroniczna gospodarka stanowi centralny filar rozwoju i innowacji. Wraz z jej pojawieniem się, pojawiły się zagrożenia, które muszą zostać uwzględnione. Zagrożenia związane z elektroniczną gospodarką obejmują przeróżne aspekty cyberbezpieczeństwa, ochrony danych osobowych, rozprzestrzeniania się zagrożeń z infrastruktury przemysłowej oraz ryzyko ataku związane z przestępczością internetową. W obecnych czasach cyfryzacji posiadając strukturę informacyjną związani jesteśmy ze szczególną podatnością na zagrożenia czyhające w sieci elektronicznej. Niewątpliwie jednym z najbardziej powszechnych niebezpieczeństw jest utrata informacji mogąca być skutkiem nieuprawnionego dostępu do danych jak również kwestią przypadku, błędu czy awarii.

Wśród zagrożeń związanych z elektroniczną gospodarką istnieje szereg działań, których celem jest nieuprawniony dostęp do danych oraz infrastruktury. Złośliwe oprogramowanie typu malware stanowi istotne zagrożenie, przenikając przez pocztę elektroniczną lub odwiedzane strony internetowe. Jego głównym celem jest wyłudzenie pieniędzy poprzez kradzież, zaszyfrowanie lub usunięcie danych, a także umożliwienie hakerom zdalnego dostępu. Rodzaje malware'u, takie jak robaki czy konie trojańskie, posiadają różnorodne funkcje zaprogramowane przez hakerów. Robak oraz koń trojański to dwa różne rodzaje złośliwego oprogramowania, które stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa systemów informatycznych. Robak jest programem komputerowym, który ma zdolność do samodzielnego replikowania się i rozprzestrzeniania przez sieć, infekując kolejne komputery. Można rzec, że przedostaje się „pełzając" z komputera na komputer za pomocą sieci oraz zaprogramowane przez hakera działania. Posiada zwykle wbudowane instrukcje, które pozwalają mu na automatyczne rozprzestrzenianie się oraz wykonywanie określonych działań na zainfekowanych systemach, na przykład kradzież danych czy wysyłanie spamu. Z kolei koń trojański jest rodzajem złośliwego oprogramowania, które podszywa się pod legalne lub pożądane aplikacje lub pliki, aby uzyskać nieuprawniony dostęp do systemu. Nazwa „koń trojański" nawiązuje do mitu o Troi, gdzie wierzono, że zrobiona z drewna figura konia była darem, podczas gdy wewnątrz znajdowały się ukryte siły wroga. Podobnie, koń trojański wydaje się być niewinnym plikiem lub programem, ale po uruchomieniu wykonuje szkodliwe działania, takie jak kradzież danych, uszkodzenie plików czy umożliwienie hakerom zdalnego dostępu do systemu. Coraz bardziej zaawansowane i zróżnicowane formy koni trojańskich oraz ich rosnąca funkcjonalność sprawiają, że przestarzałe zabezpieczenia stają się główną przyczyną ich występowania (Protasowicki, 2017).

Phishing, będący kolejnym zagrożeniem, polega na próbie wyłudzenia danych poprzez podszywanie się pod wiarygodne źródło, często za pomocą fałszywych e-maili lub komunikatów SMS. Szczególną odmianą jest spear phishing, który wykorzystuje personalizowane dane w celu osiągnięcia większej skuteczności. Oprócz tego, szpiegostwo korporacyjne stanowi zagrożenie ze strony pracowni-

ków lub osób mających dostęp do poufnych informacji, które mogą zostać przekazane niepowołanym osobom. Phishing został po raz pierwszy publicznie wykorzystany i zarejestrowany 2 stycznia 1996 roku (Malwarebytes, 2023). Sytuacja miała miejsce w połowie lat 90., gdzie hakerzy podszywali się pod pracownika AOL (jeden z dostawców usług internetowych powstały w 1983 r.) i wysyłali wiadomości z prośbą o ujawnienie hasła – zweryfikowanie konta. Pokazuje to, że ofiarą phishingu może być każdy z nas, dlatego powinniśmy nauczyć się skutecznie rozpoznawać próby oszustwa. Istnieje wiele rodzajów tego przestępstwa:

- Phishing e-mail – najczęściej w formie wiadomości e-mail, celem kliknięcie złośliwych łączy lub pobranie szkodliwego oprogramowania;
- Vishing – wiąże się z rzeczywistą osobą mówiącą po drugiej stronie telefonu;
- Smishing – przypomina phishing e-mail z tą różnicą, że odbywa się za pośrednictwem wiadomości SMS;
- Pharming – cyberatak, który przekierowuje cały ruch witryny do innej złośliwej witryny;
- Spear phishing – wykorzystanie danych osobowych w celu wyrządzenia maksymalnych szkód;
- Whaling – podobny do ataku typu spear phishing, z tą różnicą, że celem jest „wieloryb", czyli wysoko postawiony cel, a nie zwykła osoba lub sieć małej firmy (Kurkiewicz, 2023).

Wśród celowych działań możemy wyróżnić jeszcze szpiegostwo korporacyjne, które jest celowym działaniem pracowników lub osób z dostępem do kluczowych informacji, którzy przekazują je osobom nieupoważnionym lub celowo sabotują działanie systemu organizacji. Jest to forma działania, która może prowadzić do poważnych konsekwencji dla firmy, w tym utraty poufnych danych, obniżenia reputacji oraz strat finansowych. Praktyki szpiegowskie mogą obejmować kradzież informacji handlowych, przekazywanie tajemnic handlowych konkurencji lub działania zmierzające do zakłócenia pracy systemów komputerowych. Firmy muszą stosować skuteczne środki bezpieczeństwa, takie jak monitorowanie aktywności pracowników i ścisłe zarządzanie dostępem, aby minimalizować ryzyko szpiegostwa korporacyjnego. Ponadto, edukacja pracowników w zakresie bezpieczeństwa informacji oraz świadomość zagrożeń są kluczowe dla zapobiegania tego typu działaniom. W dzisiejszym świecie, gdzie dane są jednym z najcenniejszych aktywów, walka ze szpiegostwem korporacyjnym jest niezwykle istotna dla zachowania konkurencyjności i integralności firm.

W przeciwieństwie do celowych działań, zagrożenia niecelowe wynikają z ludzkich błędów lub czynników losowych. Błędy ludzkie mogą obejmować nieuwagę w zabezpieczeniach systemowych, niezmienianie haseł, czy brak odpowiedniej wiedzy w zakresie cyberbezpieczeństwa. Z kolei czynniki losowe, takie jak zalanie wodą, pożary czy uszkodzenia sprzętu, mogą spowodować poważne szkody dla infrastruktury elektronicznej. Wszystkie te zagrożenia wymagają systematycznego monitorowania oraz zastosowania skutecznych środków ochrony, aby minimalizować ryzyko dla gospodarki elektronicznej.

Bezpieczeństwo e-gospodarki

W erze cyfrowej, gdzie dane odgrywają kluczową rolę w niemal każdym aspekcie życia, bezpieczeństwo informacji staje się priorytetem. Technologie telekomunikacyjne i informacyjne kształtują współczesny rozwój społeczeństwa nie tylko w skali państw, ale również w skali globalnej (Monarcha-Matlak, 2011). Przedsiębiorstwa, instytucje rządowe i indywidualni użytkownicy muszą sprostać coraz większym wyzwaniom związanym z ochroną danych. Cyberprzestępczość i zagrożenia takie jak malware, ransomware czy phishing są na porządku dziennym. Dlatego niezbędne jest wdrożenie skutecznych mechanizmów ochrony, aby zapobiegać utracie, kradzieży i nieautoryzowanemu dostępowi do danych. Informacja w dzisiejszym świecie stała się produktem wymagającym szczególnej ochrony. Biorąc ten fakt pod uwagę ważnym stanowiskiem są dostosowane mechanizmy zabezpieczeń na każdym poziomie jej przechowywania i przetwarzania. Możemy spotkać wiele różnych metod i sposobów produktywnego zabezpieczenia systemów przed zagrożeniami.

Bez wątpienia użytkowany sprzęt odgrywa kluczową rolę w ochronie przed zagrożeniami. W dzisiejszym świecie, gdzie wiele działań przeniosło się do sfery wirtualnej, a większość firm działa online, zabezpieczenie urządzeń przed nieuprawnionym dostępem staje się priorytetem. Technologia stała się nieodłącznym elementem codziennego życia i pracy, co oznacza, że odpowiednie zabezpieczenia są niezbędne do ochrony wrażliwych danych. Cyberprzestępcy stale poszukują luk w systemach, aby przejąć dane lub zakłócić działanie przedsiębiorstw. Dlatego stosowanie aktualnych i skutecznych środków ochrony jest absolutnie konieczne. Nie chodzi tylko o fizyczne zabezpieczenia, ale również o zabezpieczenie sieci czy też rozwaga przy podłączaniu się pod sieć w miejscach publicznych. Obejmuje to zarówno oprogramowanie antywirusowe, jak i firewalle, szyfrowanie danych oraz regularne aktualizacje systemów operacyjnych. Z badań dotyczących zabezpieczeń systemów informatycznych w urzędach gmin wynika, że najczęściej wdrażanymi rozwiązaniami są programy antywirusowe i firewalle korporacyjne (Lisiak-Felicak, Szmit, 2016). Ponadto, edukacja użytkowników na temat bezpiecznego korzystania z technologii jest równie ważna. Tylko w ten sposób można zapewnić kompleksową ochronę przed różnorodnymi zagrożeniami cyfrowymi. Należy również zwracać uwagę, aby nie zostawiać urządzeń w miejscach bez nadzoru osoby uprawnionej. Ważne jeszcze jest to, aby kontrolować dostęp do systemów przechowujących dane. Ma to odniesienie do takich zabezpieczeń jak: czytnik odcisków palców, konta użytkowników oraz ograniczenia dostępu do danych wyszczególnionych odbiorców.

Kolejnym istotnym elementem, który przyczynia się do bezpieczeństwa gospodarki elektronicznej, jest komercyjne oprogramowanie. Jest ono projektowane z myślą o zabezpieczeniu danych oraz procesów biznesowych przed cyberzagrożeniami. Proces rozwoju oprogramowania jest ciągły i nieustanny, ponieważ zawsze pojawiają się nowe potrzeby i wymagania, które wymagają zmian i ulepszeń (Karwatka, 2013). Najistotniejszym elementem jest to, iż firmy zajmujące się ko-

mercyjnym oprogramowaniem inwestują ogromne środki w rozwój i aktualizację swoich produktów, aby sprostać rosnącym wyzwaniom bezpieczeństwa. Bowiem regularne aktualizacje i łatki zabezpieczające są niezbędne, aby chronić przed nowymi typami ataków oraz reagować na potencjalne zagrożenia. Wysokiej jakości oprogramowanie komercyjne oferuje zaawansowane funkcje, takie jak szyfrowanie danych czy systemy wykrywania włamań. Dodatkowo, dostawcy takiego oprogramowania często oferują wsparcie techniczne i szkolenia dla użytkowników. Dzięki temu przedsiębiorstwa mogą skupić się na swojej działalności, mając pewność, że ich cyfrowe zasoby są chronione. W efekcie, komercyjne oprogramowanie stanowi podstawę stabilnego i bezpiecznego funkcjonowania e-gospodarki. Naturalnym faktem jest, że komercyjne oprogramowania mają swoich zwolenników jak i przeciwników. Przeciwnicy będą za tym, iż nie zawsze komercyjne oprogramowania jest jedynym słusznym wyborem ponieważ własne rozwiązania mogą być równie skuteczne przy zachowaniu dbałości o bezpieczeństwo. Tak więc wybór powinien być dostosowany do indywidualnych potrzeb. Wspomniane komercyjne oprogramowania na pewno sprawdzą się w przypadku większych sektorów, gdzie nie jest się w stanie kontrolować wszystkiego odrębnie.

Przepisy prawne dotyczące elektronicznej gospodarki

Przepisy prawne dotyczące e-gospodarki w dzisiejszym cyfrowym świecie są istotne dla skutecznego zarządzania oraz regulowania szeroko pojętego bezpieczeństwa (ochrona danych osobowych, cybernetyczne), poufności i sprawiedliwości. Przepisy wynikające z prawa będą się różnić w zależności od kraju. Przepisy prawne dotyczące e-gospodarki zarówno na poziomie Unii Europejskiej, jak i w poszczególnych krajach, takich jak Polska, pełnią kluczową rolę w zapewnieniu skutecznego zarządzania oraz regulowania różnorodnych aspektów cyfrowego świata.

W Unii Europejskiej, Dyrektywa o handlu elektronicznym 2000/31/WE (https://eur-lex.europa.eu, dostęp: 05.07.2024) stanowi istotny akt, który reguluje kwestie związane z handlem elektronicznym I świadczeniami usług w środowisku cyfrowym. Zawarte są w niej m.in:

- Zasady kraju pochodzenia: dostawca usług online podlega przepisom prawnym swojego kraju, a nie każdego kraju, do którego kierowane są usługi;
- Obowiązek informacyjny: dostawcy mają obowiązek poinformowania o cenach, firmie, opisie usług;
- Zasada poufności: zabezpieczenie danych osobowych oraz informacja w sprawie prywatności.

Dyrektywa ta stanowi pewnego rodzaju piętno e-handlu i stanowi podstawę dla wielu późniejszych przepisów i regulacji obejmujących świadczenie usługi online. Dodatkowo, dyrektywa określa obowiązek dostawców informowania o cenach, firmie oraz opisie usług, co zwiększa przejrzystość transakcji. Zasada poufności zawarta w Dyrektywie stanowi istotny element ochrony danych osobowych konsumentów, co przekłada się na ich większe zaufanie do e-handlu. Ustalenia Dyrektywy tworzą również podstawy dla późniejszych regulacji dotyczących han-

dlu elektronicznego w UE, co ułatwia harmonizację przepisów między państwami członkowskimi. Dzięki odpowiednim uregulowaniom, konsumentom zapewniona jest większa ochrona praw, a podmiotom działającym w e-gospodarce równoprawne warunki konkurencji, co sprzyja rozwojowi rynku i innowacjom.

Kolejnym aktem obowiązującym w Unii Europejskiej jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2366 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie usług płatniczych w ramach rynku wewnętrznego (https://eur-lex.europa.eu/, dostęp: 05.07.2024), która reguluje różnorodne aspekty płatnicze. Dyrektywa umożliwia firmom konkurowanie poprzez oferowanie różnorodnych rozwiązań płatniczych. Jednym z istotnych elementów tej Dyrektywy jest wzmocnienie zabezpieczenia transakcji poprzez wprowadzenie uwierzytelniania dwuskładnikowego, co zwiększa bezpieczeństwo operacji finansowych online dla konsumentów. Ponadto, Dyrektywa umożliwia otwarty dostęp do kont bankowych dla firm trzecich, co sprzyja innowacyjności i konkurencyjności na rynku usług płatniczych, dając konsumentom większy wybór rozwiązań płatniczych. Dzięki właściwie uregulowanym usługom płatniczym, konsumentom zapewniona jest większa ochrona ich danych finansowych oraz transakcji, co buduje zaufanie do korzystania z usług online. Dodatkowo, otwarty dostęp do kont bankowych dla firm trzecich sprzyja innowacjom, co może prowadzić do powstania nowych, bardziej wydajnych i kliento-zorientowanych rozwiązań płatniczych. Dzięki harmonizacji przepisów w ramach UE, podmioty działające w e-gospodarce mają równoprawne szanse na konkurowanie na rynku usług płatniczych, co przyczynia się do dynamicznego rozwoju sektora finansowego. W rezultacie, kwestie legislacyjne w obszarze usług płatniczych sprzyjają zarówno ochronie konsumentów, jak i rozwojowi innowacyjności oraz konkurencyjności na rynku.

Dyrektywa o prawach konsumentów (Dyrektywa 2011/83/UE) to akt regulujący prawa osób nabywających produkty lub usługi w sytuacji, gdy umowa zawierana jest na odległość. Określa ona prawa, obowiązki oraz zasady odstąpienia od umowy dla konsumentów, którzy są końcowymi odbiorcami w łańcuchu ekonomicznym. Korzyści kwestii legislacyjnych dla konsumentów są liczne. Przede wszystkim, zapewniają one większe bezpieczeństwo i pewność prawna podczas dokonywania transakcji na odległość, co buduje zaufanie do rynku e-commerce. Ponadto, określenie jasnych zasad odstąpienia od umowy daje konsumentom poczucie kontroli nad swoimi decyzjami zakupowymi oraz umożliwia uniknięcie niepotrzebnego ryzyka. Dla sprzedawców i firm również istnieją korzyści wynikające z kwestii legislacyjnych. Stosowanie klarownych przepisów ułatwia zrozumienie i przestrzeganie regulacji, co może przyczynić się do poprawy relacji z klientami oraz zwiększenia zaufania do marki. Dodatkowo, regulacje te promują uczciwą konkurencję na rynku, eliminując nieuczciwe praktyki handlowe i poprawiając jakość usług świadczonych przez różnych dostawców. W rezultacie, kwestie legislacyjne dotyczące praw konsumentów przyczyniają się do równowagi i sprawiedliwości na rynku, zapewniając korzyści zarówno dla konsumentów, jak i dla przedsiębiorców.

W Polsce, przepisy prawne stanowią kompleksowy zbiór regulacji dotyczących różnorodnych aspektów e-gospodarki. Obejmują one kluczowe obszary, takie jak handel elektroniczny, ochrona danych osobowych oraz zastosowanie podpisu elektronicznego. Te uregulowania mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa, integralności oraz skuteczności transakcji online w Polsce.

Ustawa z dnia 18 lipca 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną (SUDE) (Dz.U. 2020 poz. 344, tj.) jest fundamentem regulującym świadczenie usług online w Polsce, określając prawa i obowiązki dostawców oraz użytkowników, co przyczynia się do zapewnienia przejrzystości i bezpieczeństwa transakcji internetowych. Dodatkowo, ustawa stanowi istotną podstawę prawna ochrony danych osobowych, chroniąc prywatność użytkowników w środowisku online. Przepisy, które wynikają z ustawy zawierają szereg zasad, które służą zapewnieniu uczciwemu i bezpiecznemu świadczeniu usług na odległość. Korzyści płynące z kwestii legislacyjnych, takich jak SUDE, są znaczące dla konsumentów oraz innych podmiotów. Uregulowanie świadczenia usług drogą elektroniczną zapewnia konsumentom klarowność i pewność co do warunków korzystania z usług online. Dzięki temu mogą oni świadomie podejmować decyzje dotyczące zakupów czy korzystania z różnorodnych platform internetowych. Ponadto, SUDE stawia wysokie wymagania dotyczące ochrony danych osobowych, co sprzyja zachowaniu prywatności użytkowników i buduje zaufanie do firm działających online. Legislacja ta również chroni konsumentów przed nieuczciwymi praktykami, wymuszając na dostawcach usług przestrzeganie określonych standardów etycznych i uczciwej konkurencji. Dzięki temu klienci mogą mieć pewność, że są traktowani zgodnie z przepisami prawa i że ich prawa są respektowane. SUDE przyczynia się także do poprawy bezpieczeństwa transakcji internetowych poprzez wymóg stosowania odpowiednich środków zabezpieczających, co zmniejsza ryzyko kradzieży danych czy oszustw online. To z kolei zachęca konsumentów do częstszego korzystania z usług online, co sprzyja rozwojowi gospodarki cyfrowej i innowacji. Ponadto SUDE promuje również zasadę swobody przepływu danych wewnątrz Unii Europejskiej, ułatwiając tym samym dostęp do różnorodnych usług online dla konsumentów na terenie całej UE. Dzięki temu mogą oni korzystać z ofert różnych firm z różnych krajów bez obaw o przeniesienie swoich danych poza granice Unii.

Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o usługach płatniczych (Dz.U. 2024 poz. 30, tj.) jest kluczowym aktem prawnym w Polsce, regulującym różnorodne usługi finansowe, takie jak płatności kartami, przelewy czy inkaso (zbieranie płatności od dłużników przez firmę lub osobę trzecią obejmuje negocjacje, upomnienia, procedury prawne np. przy niezapłaconych fakturach i innych zobowiązaniach finansowych) oraz też działalność banków lub innych podmiotów tego typu wprowadzając zabezpieczenia transakcji, ochrony konsumentów. Ustawa ta precyzyjnie reguluje szeroki zakres usług finansowych. Dzięki tym regulacjom, klienci mogą korzystać z usług płatniczych w sposób bezpieczny i przejrzysty, bez obawy o nadużycia czy utratę środków. Ponadto, ustawa ta stawia konkretne wymagania przed instytucjami finansowymi, co sprzyja poprawie jakości świadczonych usług oraz

zwiększeniu zaufania klientów do sektora bankowego i podobnych podmiotów. Zapewnienie stabilności i transparentności transakcji przekłada się także na lepsze funkcjonowanie całego rynku finansowego, co może sprzyjać rozwojowi gospodarczemu kraju. Dodatkowo, uregulowanie procedur inkasa przyczynia się do skutecznego odzyskiwania należności, co może być istotne dla firm i osób trzecich zajmujących się windykacją. W rezultacie, kwestie legislacyjne w zakresie usług płatniczych mają istotne korzyści zarówno dla konsumentów, jak i dla instytucji finansowych oraz innych podmiotów związanych z sektorem finansowym, przyczyniając się do stabilności i zaufania na rynku.

Istotne znaczenie w kontekście e-gospodarki ma Ustawa o prawie autorskim i prawach pokrewnych, która kontekście e-gospodarki porządkuje prawa i obowiązki twórców i autorów szeroko rozumianych dzieł oraz osób wykorzystujących to poprzez kopiowanie bądź elektroniczny handel dziełami. Ta legislacja zapewnia ochronę intelektualną dla twórców, co jest kluczowe w erze cyfrowej, gdzie łatwość kopiowania i dystrybucji dzieł jest znacznie większa niż w tradycyjnych mediach. Dzięki tym regulacjom konsumenci mogą mieć pewność, że korzystają z legalnych źródeł i produktów, co z kolei może wpłynąć na rozwój uczciwej konkurencji na rynku. Ponadto, ustawa ta umożliwia twórcom uzyskanie zasłużonych wynagrodzeń za wykorzystanie ich dzieł, co jest istotne dla zachęcania do twórczości i innowacji. W kontekście e-gospodarki, gdzie treści cyfrowe stanowią kluczowy element działalności wielu firm i przedsiębiorstw, odpowiednie uregulowania prawne są niezbędne dla zapewnienia stabilności i rozwoju rynku. Dodatkowo, ustawa ta może być również korzystna dla konsumentów, ponieważ promuje rozwój różnorodnych treści i dziedzin kultury, co z kolei może wpływać na bogactwo oferty dostępnej dla odbiorców. W ten sposób, kwestie legislacyjne w zakresie prawa autorskiego i praw pokrewnych mają istotne znaczenie dla zapewnienia równowagi między ochroną praw twórców a korzyściami dla konsumentów i rozwojem e-gospodarki.

Podsumowanie

Elektroniczna gospodarka jest to złożony obszar gospodarki oparty na cyfrowych rozwiązaniach. W dzisiejszym świecie niemal każdy ma dostęp do cyfrowego świata. Właśnie ten technologiczny rozwój sprawił, że e-gospodarka stała się integralną częścią życia i zaczęła wypierać tradycyjną gospodarkę. Obok znaczących korzyści e-gospodarka nie jest pozbawiona wyzwań i zagrożeń, o których musimy pamiętać. Należy zdać sobie sprawę z tego, iż najcenniejszym produktem stała się informacja, którą często sami udostępniamy narażając się na zagrożenia, na co koniecznie należy uważać. Ciężko jednak jednoznacznie stwierdzić i odpowiedzieć na pytanie w którą stronę ten rozwój technologiczny gospodarki zmierza. Sfalsyfikowana zostaje zatem hipoteza badawcza pokazując, że w przypadku e-gospodarki nie jest możliwe jednoznaczne określenie przyszłego kierunku rozwoju. Mają na to wpływ głównie zmienność, niespodziewane czynniki, ciągły rozwój ale i również ciągle idące zagrożenia tym śladem. Podążanie za zmianami

stanowi centralny element sukcesu w dzisiejszym cyfrowym świecie. Dynamiczny charakter tej dziedziny pokazuje, że przewidywanie w tym przypadku jest niezwykle trudne, a badania pozostają otwarte na różnorodność scenariuszy. Kluczowym elementem sukcesu w tym środowisku jest więc zdolność do szybkiej adaptacji i reagowania na zmiany, aby utrzymać konkurencyjność i zapewnić bezpieczeństwo danych oraz transakcji online. W miarę jak e-gospodarka będzie się rozwijać, istotne będzie również monitorowanie i regulowanie jej funkcjonowania, aby maksymalnie wykorzystać jej potencjał przy minimalizacji ryzyka dla społeczeństwa i gospodarki.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Borowiecki, R., Kwieciński, M. (2003). *Monitorowanie otoczenia: przepływ i bezpieczeństwo informacji w stronę inteligencji przedsiębiorstwa*. Kraków: Zakamycze.
2) Fundacja Digital Poland. (2024). Raport "Czas na cyfrową gospodarkę! 4. edycja".
3) Główny Urząd Statystyczny. (2023). *Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2023 r.* Warszawa, Szczecin.
4) Gregor, B., Stawiszyński, M. (2002). *E-commerce*. Bydgoszcz: Branta.
5) Hartman, A., Sifonis, J., Kador, J. (2001). *E-biznes: strategie sukcesu w gospodarce internetowej: sprawdzone metody organizacji przedsięwzięć e-biznesowych*. Warszawa: K.E. Liber.
6) Karwatka, P. (2013). *Technologia w ecommerce. Teoria i praktyka. Poradnik menedżera*. Gliwice: Helion.
7) Kisielnicki, J. (2008). *MIS – systemy informatyczne zarządzania*. Warszawa: Placet.
8) Kurkiewicz, K. (2023). *System medialny jako determinanta bezpieczeństwa we współczesnym świecie*. W: J. Woźniak (red.), *Cyfryzacja i innowacje w organizacjach oraz ich uwarunkowania* (91-92).
9) Lisiak-Felicak, D., Szmit, M. (2016). *Cyberbezpieczeństwo administracji publicznej w Polsce. Wybrane zagadnienia*. Kraków: European Association for Security.
10) Monarcha-Matlak, A. (2011). *Obowiązki administracji w komunikacji elektronicznej*. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
11) Musiałkiewicz, J., Kwiatkowski, G. (2021). *Podstawy przedsiębiorczości 2.0*. Warszawa: Ekonomik.
12) Nerć-Pełka, A., Wysocka, A. (2012). *Gospodarka i społeczeństwo – współczesne wyzwania*. Szczecin: Zeszyty Naukowe 735.
13) Noga, M. (2000). *Makroekonomia*. Wrocław: Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego.
14) Piwowarski, J., Zachuta, A. (2013). *Pojęcie bezpieczeństwa w naukach społeczno-prawnych*. Kraków: Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego Apeiron w Krakowie.

15) Protasowicki, I. (2017). *RAT – Zagrożenie każdego użytkownika sieci globalnej.* Warszawa: Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki, Zarządzania i Administracji.
16) Runge, A., Runge, J. (2008). *Słownik pojęć z geografii społeczno-ekonomicznej*. Katowice: Videograf Edukacja.
17) Tapscott, D. (1998). *Gospodarka Cyfrowa*. Warszawa: Business Press.
18) Zięba, R. (2005). *Kategoria bezpieczeństwa w nauce o stosunkach międzynarodowych.* Toruń: Grado.

Źródła internetowe

1) Encyklopedia PWN. Pobrane z: https://encyklopedia.pwn.pl/ (dostęp: 05.07.2024).
2) Grantthornton. (2020). *Phishing – największe zagrożenie dla cyberbezpieczeństwa.* Pobrane z: https://grantthornton.pl/publikacja/phishing-najwieksze-zagrozenie-dla-cyberbezpieczenstwa/ (dostęp: 05.07.2024).
3) Komisja Europejska. (2024). *Polska w indeksie gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego.* Pobrane z: https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/policies/desi-poland (dostęp: 11.07.2024).
4) Malwarebytes. (2023). *Phishing.* Pobrane z: https://pl.malwarebytes.com/phishing/ (dostęp: 05.07.2024).
5) PlWiki. (2023). *Gospodarka*. Pobrane z: https://plwiki.pl/Leksykon/Gospodarka (dostęp: 05.07.2024).
6) Raport e-Izby. (2023). *Dekada polskiego e-commerce 2013-2023*. Pobrane z: https://eizba.pl/wp-content/uploads/2023/02/Raport_e-Izby_Dekada_polskiego-e-commerce_2023.pdf (dostęp: 05.07.2024).
7) *Słownik języka polskiego PWN.* Pobrane z: https://sjp.pwn.pl/sjp/gospodarka;2462496.html (dostęp: 05.07.2024).

Akty prawne

1) Dyrektywa 2000/31/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 czerwca 2000 r. w sprawie niektórych aspektów prawnych usług społeczeństwa informacyjnego, w szczególności handlu elektronicznego w ramach rynku wewnętrznego (dyrektywa o handlu elektronicznym). Pobrane z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32000L0031 (dostęp: 05.07.2024).
2) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/83/UE z dnia 25 października 2011 r. w sprawie praw konsumentów, zmieniająca dyrektywę Rady 93/13/EWG i dyrektywę 1999/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz uchylająca dyrektywę Rady 85/577/EWG i dyrektywę 97/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. Tekst mający znaczenie dla EOG. Pobrane z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A32011L0083 (dostęp: 05.07.2024).
3) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2366 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie usług płatniczych w ramach rynku wewnętrznego,

zmieniająca dyrektywy 2002/65/WE, 2009/110/WE, 2013/36/UE i rozporządzenie (UE) nr 1093/2010 oraz uchylająca dyrektywę 2007/64/WE. Tekst mający znaczenie dla EOG. Pobrane z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A32015L2366 (dostęp: 05.07.2024).
4) Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. nr 78, poz. 483).
5) Traktat ustanawiający Konstytucję dla Europy (Dz. Urz. UE C 310, t. 47, 16.12.2004).
6) Ustawa z dnia 18 lipca 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną (Dz.U. 2020, poz. 344, tj.).
7) Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o usługach płatniczych (Dz.U. 2024, poz. 30, tj.).

Patryk Morawiec[1]
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Rozwój zrównoważonych technologii informatycznych w perspektywie czwartej rewolucji przemysłowej

Streszczenie

Artykuł przedstawia obecny stan wiedzy na temat wykorzystania technologii informatycznych we wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju w kontekście czwartej rewolucji przemysłowej w Polsce. W pracy posłużono się metodą przeglądu literatury akademickiej oraz raportów i publikacji wybranych organizacji branżowych działających w sektorze przemysłu. Przedstawiono charakterystykę niemieckiej koncepcji Przemysłu 4.0 w porównaniu ze zbliżonymi koncepcjami innych państw, a także omówiono pojęcie zrównoważonego rozwoju oraz znaczenie technologii w jego wdrażaniu. Na podstawie analizy literatury naukowej i raportów branżowych wyciągnięto wnioski i zaproponowano rekomendacje.

Słowa kluczowe: Industry 4.0, czwarta rewolucja przemysłowa, cyfryzacja, ICT, zrównoważony rozwój

Abstract

The article presents the current state of knowledge on the use of ICT technologies in implementing the principles of sustainable development in the context of the fourth industrial revolution in Poland. The methods used in this work include reviews of academic literature as well as reports and publications from selected industry organizations. The characteristics of the German concept of Industry 4.0 are presented in comparison with similar concepts from other countries, along with the concept of sustainable development and the importance of technology in implementing sustainable development principles. Based on the analysis of scientific literature and industry reports, conclusions were drawn and recommendations were proposed.

Keywords: Industry 4.0, fourth industrial revolution, digital transformation, ICT, sustainable development

Wstęp

Rewolucją przemysłową określa się okres na przełomie XVII i XIX wieku, który charakteryzował się przejściem z produkcji ręcznej, bądź z produkcji z pomocą zwierząt, do produkcji z użyciem maszyn (Barna, 2021). Wynalezienie maszyny parowej, a następnie jej coraz szersze zastosowanie w fabrykach w Wielkiej Brytanii na zawsze zmieniło sposób wytwarzania dóbr konsumpcyjnych. Pozwoliło na ich wytwarzanie na niespotykaną dotąd skalę, jak również ich dostępność dla coraz większej liczby odbiorców. Kolejne rewolucje przemysłowe miały miejsce na przełomie XIX i XX wieku (przemysł 2.0 – rewolucja technologiczna) wprowadzająca linię produkcji seryjnej oraz pod koniec XX wieku (przemysł 3.0 – rewolucja cyfrowa), która charakteryzowała się zastosowaniem automatyki przemysłowej, sterowników oraz oprogramowania przemysłowego (Barna, 2021; Iwański, Gracel, 2016).

[1] mgr inż., ORCID: 0000-0002-4130-2705, e-mail: patryk.morawiec@edu.uekat.pl

Obecny rozwój technologii oraz metod produkcji stanowi tzw. czwartą rewolucję przemysłową – kolejną odsłonę wykorzystania postępu technologicznego w dziedzinie przemysłu, której główne założenia opierają się na użyciu sieci wykorzystywanej przez urządzenia (Internet rzeczy) oraz wprowadzeniu usług do środowiska produkcyjnego (Kagermann i in., 2013).

Przyjęte przez społeczność międzynarodową w 2015 roku cele zrównoważonego rozwoju zakładają do roku 2030 znaczne zredukowanie ubóstwa, nierówności społecznych, rozwój opieki zdrowotnej i edukacji oraz promowanie dobrobytu osiąganego poprzez wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju (Berawi, 2019). Założenia te stanowią kontynuację przyjętych w 2000 roku Celów Milenijnych ONZ (ang. *MDG – Millenium Development Goals*), które choć nie zostały zrealizowane w pełni, znacząco przyczyniły się do zmiany sytuacji ekonomiczno-społecznej światowej populacji (Grupa Zagranica, 2015; Organizacja Narodów Zjednoczonych, 2015). Od rozwoju technologicznego oczekuje się, że będzie wspierać powyższe cele (Kupilas i in., 2022), a także wspomagać społeczeństwo w działaniach zmierzających do wdrażania zmian natury politycznej i społecznej (Beder, 2000).

Celem publikacji jest przedstawienie i uporządkowanie obecnego stanu wiedzy na temat technologii informatycznych w ramach tzw. czwartej rewolucji przemysłowej wykorzystywanych w celu wspierania zasad zrównoważonego rozwoju.

Metody badawcze zastosowane w artykule obejmują krytyczną analizę literatury pochodzącej głównie z ostatnich 5 lat (tj. lata 2019-2023), jak również analizę raportów i publikacji branżowych dotyczących technologii informatycznych w obszarze zrównoważonego rozwoju i trendów rozwojowych branż we wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju.

Artykuł zawiera wnioski i rekomendacje dotyczące możliwego wykorzystania technologii informatycznych we wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju w organizacjach i będzie stanowił przydatny zestaw informacji dla osób odpowiedzialnych za politykę rozwojową w przedsiębiorstwach oraz organizacjach publicznych, ze szczególnym uwzględnieniem polityki społecznej odpowiedzialności oraz środowiskowej.

Zrównoważony rozwój w technologiach informatycznych

Pojęcie zrównoważonego rozwoju (ang. *sustainable development*) po raz pierwszy pojawia się w kontekście międzynarodowym w 1987 roku w pracy Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju w raporcie pt. „Nasza wspólna przyszłość", szerzej znanej jako raport Brundtland od nazwiska przewodniczącej komisji. W pracy Komisji zjawisko to jest wyjaśnione jako rozwój, który zaspokaja potrzeby teraźniejszości w sposób nie umniejszający przyszłym pokoleniom możliwości zaspokojenia ich potrzeb (Światowa Komisja ds. Środowiska i Rozwoju, 1987). Zrównoważony rozwój łączy w sobie dwie kluczowe koncepcje: pojęcie potrzeb rozumianych jako podstawowe potrzeby ubogich, którym należy nadać priorytet nadrzędny oraz pojęcie ograniczeń narzuconych przez stan technologiczny i organizację społeczeństwa dla możliwości środowiska do zaspokajania obecnych

i przyszłych potrzeb (Światowa Komisja ds. Środowiska i Rozwoju, 1987). Po opublikowaniu raportu Brundtland powstało ponad 500 różnych definicji tłumaczących zjawisko zrównoważonego rozwoju, z czego w samej literaturze polskiej ok. 50, co związane jest przede wszystkim ze złożoną naturą pojęcia i jego interdyscyplinarnością (Rutecka, 2023). Braki w definicji komisji dostrzeżono oraz podjęto próby jej doprecyzowania już na początku lat 90. XX wieku, wskazując przede wszystkim na makroekonomiczny wymiar zrównoważonego rozwoju, nie tylko ekologiczno-społeczny (Brooks, 1990).

Choć zjawisko to znane było już znacznie wcześniej, szersze dyskusje na temat zrównoważonego rozwoju zaczęto wprowadzać w różnych dyscyplinach naukowych w latach 90. XX wieku (Wieczorek-Kosmala, 2022).

W kontekście technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) zrównoważony rozwój jest tematem wielu opracowań m.in. Chofreh i in. zaproponowali podejście uwzględniające zasady zrównoważonego rozwoju w projektach wdrożeniowych systemów klasy ERP (Chofreh i in., 2018, 2019). Z kolei Carboni i in. opracowali podręcznik zarządzania projektami w sposób zrównoważony (Carboni i in., 2020), a Larsson i Larsson podkreślili znaczenie współpracy zespołowej dla zarządzania projektem w sposób zrównoważony (Larsson, Larsson, 2020). Dojrzałość zrównoważonych technologii ICT była przedmiotem badań Curry'ego i Donnellana (Curry, Donnellan, 2012). Podejście holistyczne w budowie zrównoważonego społeczeństwa informacyjnego obejmującego aspekty zarówno technologiczne jak i społeczne przedstawiła Ziemba (Ziemba, 2013, 2017).

Przemysł 4.0

Koncepcja czwartej rewolucji przemysłowej jako pierwsza pojawiła się w Niemczech w 2011 roku podczas targów Hannover Messe poświęconych rozwojowi technologii przemysłowych (Nosalska i in., 2019). Niemiecki rząd przedstawił wówczas propozycje rozwiązań opartych na cyfryzacji, automatyzacji oraz adaptacji nowych technologii przeznaczonych głównie dla organizacji globalnych łańcuchów dostaw, jak również przedstawił potencjalne korzyści oraz możliwości wynikające z przyjęcia tych rozwiązań takie jak zwiększenie konkurencyjności na rynku, podniesienie poziomu industrializacji, czy możliwość zindywidualizowania produkcji dla potrzeb klienta (Kagermann i in., 2013). Wizja nazwana Industrie 4.0, w tłumaczeniu Przemysł 4.0 stała się popularna w 2016 roku, gdy podczas konferencji Światowego Forum Ekonomicznego w Davos przyjęto hasło „Mastering the Fourth Industrial Revolution" (Pfeiffer, 2017).

Technologie informacyjno-komunikacyjne w Przemyśle 4.0 mają według założeń spełniać rolę integratora procesów realizowanych w skali globalnej przez różnorodnych partnerów (Bielecki, 2022). Założeniem Przemysłu 4.0 jest połączenie w przyszłości przez sieć wszystkich zachodzących w organizacji procesów biznesowych takich jak zaopatrzenie, serwis, produkcja, obsługa klienta (Kagermann i in., 2016).

Z punktu widzenia technicznego najważniejszymi technologiami tzw. aktywatorami czwartej rewolucji przemysłowej są m. in. big data, blockchain, technologie

chmurowe, systemy cyberfizyczne, Internet rzeczy, technologie symulacji (np. cyfrowy bliźniak) oraz sieć 5G (Morawiec, Sołtysik-Piorunkiewicz, 2023).

Według twórców koncepcji, Przemysł 4.0 stanowi również odpowiedź na część problemów, z którymi mierzy się współczesny świat m. in. konieczność zapewnienia efektywności energetycznej ze względu na ograniczenia zasobów, zmiany demograficzne, oraz zanieczyszczenie środowiska (Kagermann i in., 2013), co wpisuje się również w strategię zrównoważonego rozwoju. Znajduje to potwierdzenie również w innych badaniach o charakterze przeglądu literatury np. w przypadku zastosowania wsparcia technologii informatycznych w maszynach produkcyjnych pozwala osiągnąć wysoki poziom efektywności operacyjnej, a z kolei wdrożenie zaawansowanych rozwiązań produkcyjnych (robotyzacja, czujniki), produkcji przyrostowej (druk 3D) oraz chmury obliczeniowej i Internetu rzeczy są w stanie zoptymalizować procesy produkcyjne (Felsberger, Reiner, 2020).

Obok modelu niemieckiego powstały na przestrzeni kolejnych kilku lat również koncepcje alternatywne dla rozwoju technologii w przemyśle pod patronatem rządów innych państw, z których warto wymienić opisane w tabeli 1 modele.

Tabela 1. Alternatywne dla Industry 4.0 koncepcje rozwoju przemysłu w poszczególnych państwach

Nazwa koncepcji	Państwo	Opis
Made in China 2025	Chiny (Chińska Republika Ludowa)	Strategia Komunistycznej Partii Chin opracowana w 2015, mająca na celu utrzymanie dominującej pozycji kraju w produkcji przemysłowej na świecie (*Made in China 2025*, 2018). Działania obejmują koncentrowanie się na inteligentnej produkcji w kluczowych 10 obszarach gospodarki (Geodecki, 2020) Chin.
Society 5.0	Japonia	Termin określający społeczeństwo przyszłości lub superinteligentne społeczeństwo, wprowadzony w 2016 w Japonii. Charakteryzuje społeczeństwo, które powinno dążyć do osiągnięcia wysokiego stopnia konwergencji pomiędzy światem fizycznym, a cyberprzestrzenią oraz być społeczeństwem antropocentrycznym, które przy wsparciu nauki i technologii jest w stanie przezwyciężać problemy społeczne przy jednoczesnym zapewnieniu dalszego rozwoju gospodarki (Dautaj & Rossi, 2022).
Les usines du future (fabryki przyszłości)	Francja	Program zapoczątkowany we wrześniu 2013, mający za zadanie modernizację narzędzi przemysłowych oraz przekształcenie modelu gospodarczego za pomocą technologii cyfrowych jako odpowiedź na główne wyzwania społeczne w erze cyfrowej (*Découvrez l'Usine du Futur*, 2022).

Made Different	Belgia	Program zainicjowany w 2013 we Flandrii, następnie rozszerzony również o region Walonii. Celem projektu jest zwiększenie poziomu konkurencji przemysłu poprzez wspieranie transformacji cyfrowej procesów produkcyjnych (Europejska Platforma Współpracy Klastrów, 2022).
Smart Industries	Holandia	Inicjatywa opracowana w listopadzie 2014 opierająca się na 3 filarach. Projekt ma na celu zwiększenie produkcji przemysłowej oraz wzmocnienie pozycji holenderskiego sektora przemysłu (The Netherlands: Smart Industry, 2017).

Źródło: opracowanie własne.

Część autorów zwraca również uwagę na zmiany zachodzące w strukturze społecznej na poziomie zatrudnienia obejmujące zarówno procesy podejmowania decyzji, sposoby zarządzania organizacjami, zmiany w relacjach pomiędzy pracodawcą i pracownikami (Vadie & Lipták, 2023).

W Polsce, w sektorze przemysłowym obserwowana jest stopniowa adaptacja niemieckiej koncepcji Przemysłu 4.0 wspierana przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, poprzez powołaną do tego celu fundację Platforma Przemysłu Przyszłości (Kampa, 2021). Mimo braku własnej, spójnej ogólnonarodowej strategii cyfryzacji przemysłu, istnieją również programy realizowane przez Ministerstwo Cyfryzacji (program Przemysł+) oraz Agencję Rozwoju Przemysłu (program Czysty Przemysł). Pierwszy z programów zakłada rozwój gospodarki cyfrowej w Polsce w oparciu o dane i rozwijanie dziedzin związanych z ich zbieraniem, przetwarzaniem i analizą np. budową centrów danych, rozwiązań zaawansowanej analityki danych i sztucznej inteligencji (*Gospodarka Oparta o Dane – Przemysł +*, 2018). Drugi program zakłada skupienie się na rozwoju obszarów związanych ze środowiskiem i docelowo osiągnięcie pozycji lidera w trzech obszarach strategicznych gospodarki: produkcji wodoru i morskiej energetyce wiatrowej, tworzeniu specjalnych stref ekonomicznych i parków przemysłowych oraz finansowaniu inwestycji przedsiębiorstw (*Strategia Czysty Przemysł – Agencja Rozwoju Przemysłu S.A.*).

Charakterystyka polskiego sektora przemysłowego

Przemysł stanowi jeden z trzech sektorów gospodarki narodowej obok sektora rolnictwa (obejmującego zasięgiem również rybołówstwo, leśnictwo i łowiectwo) zajmującego się wytwarzaniem płodów rolnych, chowem zwierząt jak również wstępną obróbką tych produktów, a także obok sektora usług odpowiadającego za dostarczanie produktów w formie usługi (świadczeń) dla odbiorców indywidualnych i instytucjonalnych nie mającego charakteru produkcyjnego (Kaliński).

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego wartość produkcji sprzedanej ogółem wyrobów własnych producentów klasyfikowana w sekcjach „produkty górnictwa i wydobywania" oraz „produkty przetwórstwa przemysłowego" wynio-

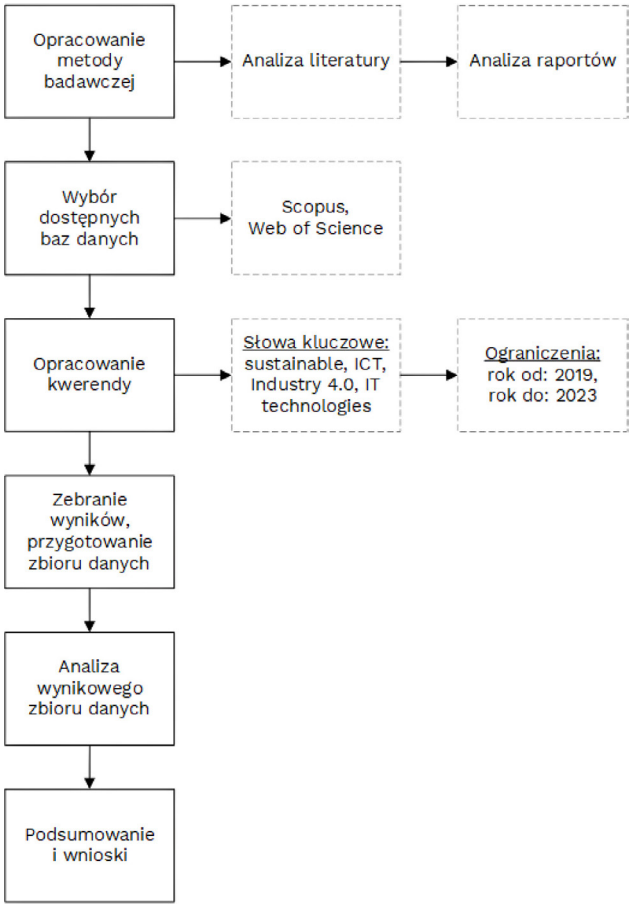
sła 1 872 484,8 mln PLN i była wyższa o 30,4% w stosunku do roku poprzedniego (Walkowska i in., 2023).

Sam przemysł – w sposób ogólny można zdefiniować jest jako sektor gospodarki obejmujący produkcję materialną – czyli wydobywanie zasobów przyrody i ich przetwarzanie na dobra konsumpcyjne i środki produkcji przy użyciu maszyn i zastosowaniu podziału pracy na masową skalę (Kaliński). Wyróżnia się również wiele innych definicji dotyczących bardziej szczegółowej klasyfikacji konkretnych typów przemysłu np. przemysłu wydobywczego offshore rozumianego jako działalność gospodarczą oferującą rozwiązania produkcyjne związane z wydobywaniem surowców oraz pozyskiwaniem energii odnawialnej na morzu (Czapliński, 2015).

Problematyczne, z kolei może stać się sklasyfikowanie nowego rodzaju produktów takich jak oprogramowanie, czy dobra cyfrowe bądź produkty NFT (niewymienialny token) z jednej strony będące produktem, z drugiej strony jednak sposób ich wytworzenia ma więcej wspólnego z realizacją usługi i nie powstaje w wyniku fizyczny obiekt. Jak wskazuje Gierańczyk część produkcji przemysłowej, takiej która nie jest związana z przetwarzaniem materialnego substratu podlega „usługowieniu", np. w formie zlecania części zadań podwykonawcom, których efektem jest powstanie produktu bądź usługi w formie elektronicznej (tzw. outtasking) (Gierańczyk, 2008).

Materiał i metody

W badaniu posłużono się metodami krytycznej analizy literatury oraz ogólnodostępnych źródeł statystycznych. Schemat metodyki badawczej przedstawiono na rysunku 1. Analizowaną literaturę stanowią pozycje literaturowe z okresu ostatnich 5 lat, tj. 2019-2023. Źródła literaturowe zostały znalezione przy pomocy kwerendy do baz danych Scopus i Web of Science. Wnioski z przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 2. Ponadto posłużono się źródłami branżowymi z dziedziny szeroko pojętego przemysłu. Przeanalizowano raporty organizacji zrzeszających różne gałęzie przemysłu pod kątem zastosowania zrównoważonych technologii informatycznych oraz czwartej rewolucji przemysłowej. Wykaz organizacji wraz z przeanalizowanymi raportami oraz płynącymi z nich wnioskami przedstawiono w tabeli 3.



Rysunek 1. Schemat przyjętej metodyki badawczej

Źródło: opracowanie własne.

Analiza literatury objęła zapytania do 2 baz danych: Scopus oraz Web of Science według następującej kwerendy zapytań do obu baz:

- sustainable AND ict AND industry 4.0

Spośród znalezionych 196 wyników wyszukiwania, ograniczeniu do 154 artykułów w zadanym przedziale czasowym i usunięciu 62 duplikatów, do dalszej analizy wybrano 92 źródła, które następnie selektywnie zostały wybrane na podstawie spełnionych kryteriów tematycznych – zgodność z tematyką przemysłu 4.0, obszar zrównoważonego rozwoju, wykorzystanie technologii ICT według tytułu oraz słów kluczowych. Wybrane artykuły dotyczyły głównie zarządzania produkcją w sposób zrównoważony, wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju w zarządzaniu projektami oraz znaczenia edukacji i współpracy zespołowej.

Tabela 2. Analiza literatury dotyczacej wykorzystania technologii ICT, przemysłu 4.0 oraz zrównoważonego rozwoju

Źródło	Problematyka
(Chofreh i in., 2019)	Postulat wykorzystania zasad zrównoważonego rozwoju we wdrażaniu technologii ICT – systemów klasy ERP.
(Bildirici, Ersin, 2023)	Zbadanie powiązań pomiędzy przemysłem 4.0 a zrównoważonym rozwojem w kontekście wpływu technologii przemysłu 4.0 na poziom emisji CO_2.
(Larsson, Larsson, 2020)	Znaczenie pracy zespołowej w zarządzaniu projektami w zrównoważony sposób.
(Murmura, Bravi, 2021)	Wykorzystanie technologii ICT w modelu inteligentnej pracy i jego postrzeganie przez użytkowników w kontekście korzyści finansowych i środowiskowych.
(Thiede, 2021)	Wsparcie zrównoważonej produkcji z wykorzystaniem technologii ICT i przemysłu 4.0.
(Kupilas i in., 2022)	Budowa modelu dojrzałości cyfrowej organizacji badawczo-rozwojowych z uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju.
(Nhamo i in., 2020)	Badanie gotowości wdrożenia przemysłu 4.0 dla potrzeb realizacji celów zrównoważonego rozwoju ONZ przez poszczególne państwa.

Źródło: opracowanie własne.

Raporty branżowe zostały znalezione na stronach internetowych wybranych organizacji branżowych zajmujących się produkcją przemysłową. W wyszukiwarce umieszczonej na stronach organizacji (jeśli była dostępna) wpisano słowa „raport", „cyfryzacja", „Przemysł 4.0" w celu znalezienia artykułów lub publikacji poświęconych zagadnieniom transformacji cyfrowej, wdrażania technologii przemysłu 4.0, a także przeszukano ww. strony pod kątem publikacji poświęconym zrównoważonemu rozwojowi.

Tabela 3. Raporty branżowe dotyczące zrównoważonego rozwoju oraz cyfryzacji przemysłu w Polsce

Organizacja	Źródło/a	Wnioski
Polska Izba Przemysłu Chemicznego	(Biuletyn Projektu Chemia 4.0, 2022)	Problemy z pozyskaniem środków na wkład własny stanowią główny problemem dla inwestycji w rozwiązania cyfrowe na liniach produkcyjnych.
Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego	(Przemysł i Handel Naftowy 2022, 2023) (Raport: Zielony transport. Stan obecny i perspektywy)	Konieczność utrzymania obecnej polityki „Zielonego Ładu" w Unii Europejskiej dla celów walki z globalnym ociepleniem jak również zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego państw członkowskich w związku z wojną rosyjsko-ukraińską. Wskazanie na możliwości wykorzystania akumulatorów samochodów elektrycznych jako magazynów energii.
Polska Izba Gospodarki Odpadami	(*Patronat: 14. Konferencja „Recykling zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego", 9-10 maja 2019 r., Warszawa, Hotel Airport Okęcie*, 2019)	Izba objęła patronatem organizację konferencji pt. „Recykling zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego" w 2019.
Polski Związek Pracodawców Przemysłu Farmaceutycznego – Krajowi Producenci Leków	(Żakowiecki)	Wskazanie na konieczność współpracy administracji państwowej z branżą farmaceutyczną w celu realizacji „Strategii na rzecz odpowiedzialnego rozwoju". Celem tej strategii jest zwiększenie udziału przemysłu w gospodarce poprzez poprawę warunków jego funkcjonowania, wykorzystanie potencjału akademickiego w rozwoju gospodarki oraz oparcie o zasady zrównoważonego rozwoju.
Stowarzyszenie Dystrybutorów i Producentów Części Motoryzacyjnych	(Misierewicz, 2023a, 2023b)	Niewielki spadek emisji dwutlenku węgla w działalności firm – producentów części motoryzacyjnych. Konieczność zapewnienia utrzymania spadkowej tendencji w celu osiągnięcia założeń polityki „Zielonego Ładu", co będzie możliwe tylko w przypadku zwiększenia dochodów przedsiębiorstw i wydatków na inwestycje w zielone technologie. Zmiana rozporządzenia o emisji CO_2 z kolei wyklucza użycie niektórych technologii mogących pomóc w przyspieszeniu dekarbonizacji oraz paliw neutralnych pod względem emisji CO_2.
Polska Federacja Producentów Żywności Związek Pracodawców	(Kubalski, Szczudlik, 2023)	Wskazanie konieczności zapewnienia dbałości o cyberbezpieczeństwo w sektorze przemysłu żywnościowego ze względu na częstsze występowanie ataków na systemy automatyki przemysłowej.
Stowarzyszenie Producentów Cementu	(Mierzwiński i in., 2021)	Raport koncentruje się na zastosowaniu technologii ukierunkowanych na ochronę środowiska. Wskazuje ponadto rolę branży cementowej w ochronie środowiska ze względu na zużywanie znacznych ilości materiałów odpadowych pochodzących z innych branż we własnych procesach produkcyjnych.

Źródło: opracowanie własne.

Ponadto, oprócz organizacji zajmujących się branżami przemysłowymi, dostępny jest również raport Polskiej Organizacji Handlu i Dystrybucji, z którego wnioski dotyczą rozwoju sklepów nowej generacji (wykorzystujących np. kasy samoobsługowe i mobilne) oraz nowych strategii handlowych (omnichannel, e-commerce, sklepy autonomiczne), współpracy ze start-upami oraz wykorzystania technologii również w pozostałych obszarach działalności sklepu (logistyka, relacje z klientami oraz dostawcami, zarządzanie) (Polska Organizacja Handlu i Dystrybucji, 2022).

Podsumowanie i wnioski

Sektor produkcji przemysłowej mimo wielu przeobrażeń na przestrzeni lat nadal pełni istotną rolę w funkcjonowaniu gospodarki narodowej. Wdrażane w wielu krajach rozwiniętych strategie cyfryzacji przemysłu zarówno oryginalne jak i odwołujące się w mniejszym bądź większym stopniu do koncepcji Przemysłu 4.0 zakładają powstawanie fabryk przyszłości, które wykorzystując zaawansowane technologie będą w stanie nie tylko zwiększyć konkurencyjność własną oraz kraju, w którym działają, ale również będą w stanie sprostać wielu oczekiwaniom i problemom współczesnego świata. Do problemów tych należą niewątpliwie zmiany klimatyczne, zanieczyszczenie środowiska naturalnego, zmiany demograficzne społeczeństw i ograniczone zasoby naturalne. Oczekiwania natomiast związane są z działalnością na rzecz przeciwdziałaniu tym niekorzystnym zjawiskom zarówno legislacyjne, jak również na poziomie społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw.

Zarówno źródła literaturowe jak i raporty organizacji branżowych są zgodne w kwestii konieczności inwestycji w technologie informatyczne, jak również inne technologie prowadzące do zmniejszenia kosztów, ograniczenia lub wyeliminowania strat w produkcji przemysłowej, co wpisuje się w strategie polityczne (Europejski Zielony Ład, Agenda 2030) dążące do wprowadzenia zasad zrównoważonego rozwoju.

Krajowe organizacje branżowe sektora produkcji przemysłowej najczęściej jako problemy wskazują na niskie inwestycje przedsiębiorstw związane z nowymi technologiami ze względów finansowych, a także wiele regulacji administracyjnych, w których dochodzi do częstych zmian. Często wskazują również na konieczność kontynuowania europejskiej polityki Zielonego Ładu, dostrzegają możliwości poprawy konkurencyjności gospodarki poprzez inwestycje w technologie oraz wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju. Część wskazuje na konieczność pogłębienia współpracy ze środowiskami akademickimi oraz administracją państwową w zakresie wsparcia konkretnych działań rozwojowych. Niektóre organizacje wskazują również wprost rozwiązania oraz rekomendacje, które należy wdrożyć np. dbałość o cyberbezpieczeństwo, zastosowanie technologii zeroemisyjnych w niektórych branżach lub możliwość wykorzystania odpadów jednych branż jako surowca w innych branżach.

Rekomendacją wynikającą z analiz jest utworzenie spójnego, ogólnokrajowego planu adaptacji technologii cyfrowych do sektora produkcji przemysłowej. Koncepcja przemysłu 4.0 staje się jednak już nieco mało aktualna. Ze względu na dy-

namiczny rozwój sztucznej inteligencji oraz stale zwiększający się udział danych w każdym etapie życia, strategia ta powinna bardziej skupić się na rozwoju w nowym kierunku Przemysłu 5.0 – zbliżającej się kolejnej odsłony rewolucji przemysłowej, w której kluczową rolę odgrywa zrównoważony rozwój oraz skupienie się na kwestiach społecznych (Industry 5.0, 2022).

Przeglądowy charakter oraz skupienie się na przemyśle 4.0 stanowią pewne ograniczenia artykułu. Dalsze badaniach nad tematyką wsparcia technologicznego w osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju powinny skupiać się na analizie przykładów działań w tym zakresie. Przydatne również będą badania stanowiące pełny, systematyczny przegląd literaturowy wykorzystujące metodę systematycznego mapowania.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Barna, L. E. L. (2021). *The Impact of Digitalization and Industry 4.0 on Business. ERP Systems can be a Solution for Business?* W: A. Dima (red.), *Resilience and Economic Intelligence Through Digitalization and Big Data Analytics,* (98-105). https://doi.org/10.2478/9788366675704-011.
2) Berawi, M. A. (2019). The Role of Industry 4.0 in Achieving Sustainable Development Goals. *International Journal of Technology*, *10(4)*, 644-647. https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i4.3341.
3) Bielecki, M. (2022). *Total logistic management: Logistyka i łańcuchy dostaw 4.0*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. https://doi.org/10.18778/8220-954-9.
4) Bildirici, M., Ersin, Ö. Ö. (2023). Nexus between Industry 4.0 and environmental sustainability: A Fourier panel bootstrap cointegration and causality analysis. *Journal of Cleaner Production*, *386*, 135786. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135786.
5) Brooks, D. (1990). Beyond catch phrases: What does sustainable development really mean? *Quarterly Bulletin of IAALD*, *36*(4), 235-236.
6) Carboni, J., Duncan, W. R., Gonzalez, M., Milsom, P., Young, M. (2020). *Zrównoważone zarządzanie projektami: Podręcznik GPM*. pm2pm.
7) Chofreh, A. G., Goni, F. A., Klemeš, J. J. (2018). Sustainable enterprise resource planning systems implementation: A framework development. *Journal of Cleaner Production*, *198*, 1345-1354. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.096.
8) Chofreh, A. G., Goni, F. A., Malik, M. N., Khan, H. H., Klemeš, J. J. (2019). Evaluation of the sustainable enterprise resource planning implementation steps. *Chemical Engineering Transactions*, *72*, 445-450. https://doi.org/10.3303/CET1972075.
9) Curry, E., Donnellan, B. (2012). Understanding the Maturity of Sustainable ICT. W: J. Vom Brocke, S. Seidel, J. Recker (red.), *Green Business Process Management* (203-216). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27488-6_12.

10) Czapliński, P. (2015). Przemysł offshore w Polsce – próba definicji, stan i możliwości rozwoju. *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society*, *29*(4), 103-111. https://doi.org/10.24917/20801653.294.7.
11) Dautaj, M., Rossi, M. (2022). Towards a New Society: Solving the Dilemma Between Society 5.0 and Industry 5.0. W O. Canciglieri Junior, F. Noël, L. Rivest, A. Bouras (Red.), *Product Lifecycle Management. Green and Blue Technologies to Support Smart and Sustainable Organizations* (T. 639, 523-536). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94335-6_37.
12) Felsberger, A., Reiner, G. (2020). Sustainable Industry 4.0 in Production and Operations Management: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, *12*(19), 7982. https://doi.org/10.3390/su12197982.
13) Gierańczyk, W. (2008). Badanie struktur przemysłowych w Polsce w dobie globalizacji ze szczególnym uwzględnieniem struktury przestrzennej. *Prace Komisji Geografii Przemysłu*, *11*, 26-39. https://doi.org/10.24917/20801653.11.2.
14) Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Securing the future of German manufacturing industry Final report of the Industrie 4.0 Working Group*.
15) Kampa, A. (2021). Przemysł 4.0 – Geneza. W M. Fidali (red.), *Przewodnik po technologiach przemysłu 4.0: Praca zbiorowa*. Elamed Media Group.
16) Kupilas, K. J., Rodriguez Montequin, V., Diaz Piloneta, M., Alonso Alvarez, C. (2022). Sustainability and digitalisation: Using Means-End Chain Theory to determine the key elements of the digital maturity model for research and development organisations with the aspect of sustainability. *Advances in Production Engineering & Management*, *17*(2), 152-168. https://doi.org/10.14743/apem2022.2.427.
17) Larsson, J., Larsson, L. (2020). Integration, Application and Importance of Collaboration in Sustainable Project Management. *Sustainability*, *12*(2), 585. https://doi.org/10.3390/su12020585.
18) Mierzwiński, A., Mierzwiński, M., Tomaszewski, K., Obłąkowska, K., Moskwik, K. (2021). *Przemysł cementowy w gospodarce odpadami*. Kraków: Instytut Jagielloński.
19) Morawiec, P., Sołtysik-Piorunkiewicz, A. (2023). ERP System Development for Business Agility in Industry 4.0 – A Literature Review Based on the TOE Framework. *Sustainability*, *15*(5), 4646. https://doi.org/10.3390/su15054646.
20) Murmura, F., Bravi, L. (2021). Digitization and Sustainability: Smart Working as an ICT Tool to Improve the Sustainable Performance of Companies During the Covid-19 Pandemic. W V. Kumar, J. Rezaei, V. Akberdina, E. Kuzmin (red.), *Digital Transformation in Industry* (T. 44, 97-108). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5_10.
21) Nhamo, G., Nhemachena, C., Nhamo, S. (2020). Using ICT indicators to measure readiness of countries to implement Industry 4.0 and the SDGs. *Environmental Economics and Policy Studies*, *22*(2), 315-337. https://doi.org/10.1007/s10018-019-00259-1.
22) Nosalska, K., Piątek, Z. M., Mazurek, G., Rządca, R. (2019). Industry 4.0: Coherent definition framework with technological and organizational interdependencies.

Journal of Manufacturing Technology Management, *31*(5), 837-862. https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0238.
23) Organizacja Narodów Zjednoczonych. (2015). *The Millennium Development Goals Report 2015*. Organizacja Narodów Zjednoczonych.
24) Pfeiffer, S. (2017). The Vision of "Industrie 4.0" in the Making – A Case of Future Told, Tamed, and Traded. *NanoEthics*, *11*(1), 107–121. https://doi.org/10.1007/s11569-016-0280-3.
25) Światowa Komisja ds. Środowiska i Rozwoju. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
26) *The Netherlands: Smart Industry* (Digital Transformation Monitor). (2017). Komisja Europejska.
27) Thiede, S. (2021). Digital technologies, methods and tools towards sustainable manufacturing: Does Industry 4.0 support to reach environmental targets? *Procedia CIRP*, *98*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.02.001.
28) Vadie, A. S., Lipták, K. (2023). Przemysł 4.0: Nowe wyzwania dla rynku pracy i warunków pracy na skutek pojawienia się robotów i automatyzacji. *Studia Ekonomiczne i Regionalne*, *16*(3), 434–445.
29) Wieczorek-Kosmala, M. (2022). Welcome to the journal "Studies in Risk and Sustainable Development"! *Studies in Risk and Sustainable Development*, *396*, 1-2. https://doi.org/10.22367/srsd.2022.396.1.
30) Ziemba, E. (2013). Ku zrównoważonemu społeczeństwu informacyjnemu. *Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych*, *29*, 401-425.
31) Ziemba, E. (2017). *Zrównoważone społeczeństwo informacyjne*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.

Źródła internetowe

1) Beder, S. (2000). The Role of Technology in Sustainable Development. *University of Wollongong Research Online*, 1-10. Pobrane z: https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1049&context=artspapers (dostęp: 05.07.2024).
2) *Biuletyn Projektu Chemia 4.0* (2/2022, 25). (2022). Polska Izba Przemysłu Chemicznego. Pobrane z: https://pipc.org.pl/wp-content/uploads/2022/10/Biuletyn-Chemia-4.0-2_2022.pdf (dostęp: 05.07.2024).
3) *Découvrez l'Usine du Futur*. (2022). Usine du Futur. Pobrane z: https://www.usinefutur.fr/decouvrez-lusine-du-futur/ (dostęp: 05.07.2024).
4) Europejska Platforma Współpracy Klastrów. (2022). *Made Different*. Pobrane z: https://clustercollaboration.eu/content/made-different (dostęp: 05.07.2024).
5) Geodecki, T. (2020). Nowoczesny przemysł jako pole walki o samodzielność technologiczną; Przypadek strategii Made in China 2025. *REV4.0*. Pobrane z: https://rev4.uek.krakow.pl/blog/nowoczesny-przemysl-jako-pole-walki-o-samodzielnosc-technologiczna-wpis-blog/ (dostęp: 05.07.2024).

6) *Gospodarka Oparta o Dane – Przemysł +*. (2018). Ministerstwo Cyfryzacji. Pobrane z: https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/gospodarka-oparta-o-dane--przemysl- (dostęp: 05.07.2024).
7) Grupa Zagranica. (2015). *Raport z realizacji Milenijnych Celów Rozwoju – przegląd postępów i braków*. Grupa Zagranica. Pobrane z: http://globalnepoludnie.pl/IMG/pdf/realizcja_mdg_-_przeglad.pdf (dostęp: 05.07.2024).
8) Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., Wahlster, W. (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners (acatech STUDY)*. Herbert Utz Verlag. Pobrane z: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2016/11/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf (dostęp: 05.07.2024).
9) *Industry 5.0*. (2022). Pobrane z: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en (dostęp: 05.07.2024).
10) Iwański, T., Gracel, J. (2016). *Przemysł 4.0. Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz?* Astor. Pobrane z: https://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf (dostęp: 05.07.2024).
11) Kaliński, K. *Kryteria podziału i funkcje przemysłu*. Zintegrowana Platforma Edukacyjna Ministerstwa Edukacji Narodowej. Pobrane z: https://zpe.gov.pl/pdf/PctKRTWvu (dostęp: 05.07.2024).
12) Kubalski, J., Szczudlik, K. (2023, październik 11). *Cyberprzestępczość w sektorze żywnościowym*. Pobrane z: https://www.pfpz.pl/nowosci/?id_news=9183&lang_id=1#q (dostęp: 05.07.2024).
13) *Made in China 2025*. (2018). Institute for Security & Development Policy. Pobrane z: https://isdp.eu/content/uploads/2018/06/Made-in-China-Backgrounder.pdf (dostęp: 05.07.2024).
14) Misierewicz, P. (2023a, październik 31). *Dekarbonizacja transportu ciężkiego: Niewiele opcji na stole – SDCM*. Pobrane z: https://www.sdcm.pl/dekarbonizacja-transportu-ciezkiego-niewiele-opcji-na-stole/ (dostęp: 05.07.2024).
15) Misierewicz, P. (2023b, listopad 2). *Przemysł inwestuje w zielone innowacje, ale utrzymanie tempa inwestycji nie będzie łatwe – SDCM*. Pobrane z: https://www.sdcm.pl/przemysl-inwestuje-w-zielone-innowacje-ale-utrzymanie-tempa-inwestycji-nie-bedzie-latwe/ (dostęp: 05.07.2024).
16) *Patronat: 14. Konferencja „Recykling zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego", 9-10 maja 2019 r., Warszawa, Hotel Airport Okęcie*. (2019). Pobrane z: https://pigo.org.pl/?ai1ec_event=patronat-14-konferencja-recykling-zuzytego-sprzetu-elektrycznego-elektronicznego-9-10-maja-2019-r-warszawa-hotel-airport-okecie (dostęp: 05.07.2024).
17) Polska Organizacja Handlu i Dystrybucji. (2022). *Raport CSR*. Polska Organizacja Handlu i Dystrybucji. Pobrane z: http://pohid.pl/wp-content/uploads/Unorganized/POHID-RAPORT_CSR.pdf (dostęp: 05.07.2024).

18) *Przemysł i Handel Naftowy 2022*. (2023). Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego. Pobrane z: https://popihn.pl/wp-content/uploads/2023/03/RAPORT-ZA-ROK-2022.pdf (dostęp: 05.07.2024).
19) *Raport Zielony Transport – Stan obecny i perspektywy*. Bridge Sp. z o.o. Pobrane z: https://popihn.pl/wp-content/uploads/2022/11/Raport-Zielony-Transport.pdf (dostęp: 05.07.2024).
20) Rutecka, P. (2023). *Zrównoważony rozwój polskich przedsiębiorstw agroturystycznych* [Rozprawa doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach]. Pobrane z: https://bip.ue.katowice.pl/fileadmin/user_upload/jednostki/komitety-naukowe/doktoraty/rutecka/Rozprawa-doktorska-Paulina-Rutecka.pdf (dostęp: 05.07.2024).
21) *Strategia Czysty* Przemysł – Agencja *Rozwoju Przemysłu S.A*. Pobrane z: https://arp.pl/pl/o-arp/strategia/ (dostęp: 05.07.2024).
22) Walkowska, K., Fidrych, E., Górecki, A., Hodzyńska, M., Korfanty-Rusiniak, K., Kruk, A., Marczak, A., Pazik, A., Szewczuk, K., Tumiłowicz, J. (2023). *Produkcja wyrobów przemysłowych w 2022 r*. Główny Urząd Statystyczny. Pobrane z: https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5477/3/20/1/produkcja_wazniejszych_wyrobow_przemyslowych_w_2022_r.pdf (dostęp: 05.07.2024).
23) Żakowiecki, P. (2016). *Zdrowy przemysł. Reindustrializacja krajowej branży farmaceutycznej*. Warszawa: Polityka Insight. Pobrane z: https://producencilekow.pl/raporty/ (dostęp: 05.07.2024).

Joanna Nowicka[1]
Akademia Nauk Stosowanych Angeliusa Silesiusa w Wałbrzychu

Rola i znacznie sztucznej inteligencji w edukacji inżynierskiej – przypadek ChatGPT

Streszczenie

Artykuł dotyczy zastosowania w edukacji wyższej jednego z najbardziej zaawansowanych narzędzi, które bazuje na sztucznej inteligencji wykorzystującej algorytm głębokiego uczenia się do przetwarzania i generowania tekstu jakim jest model językowy ChatGPT. Autorka na przykładzie zawodu inżyniera informatyka skonfrontowała tradycyjny proces nauczania z potrzebami współczesnego rynku pracy i potencjałem narzędzi AI. W efekcie przeprowadzonej analizy literatury i doniesień prasowych zdefiniowała potencjalne możliwości i wyzwania AI w pracy i edukacji inżyniera. Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego wśród studentów kierunku inżynier informatyk w 2023 roku zobrazowały znaczenie ChatGPT dla studentów – ich dotychczasowe doświadczenia, świadomość, potrzeby i oczekiwania wobec uczelni i dydaktyków. Przeprowadzona analiza potwierdza, że instytucje szkolnictwa wyższego dołączyły do grona organizacji wykorzystujących na wiele sposobów sztuczną inteligencję. Do osiągnięcia pełnego sukcesu implementacji narzędzi AI w edukacji inżynierskiej, zdaniem autorki, wymagana jest rewizja stosowanych technik, narzędzi i metod nauczania, a także przyjęcie „trenerskiej" roli i wspierającej samorozwój studenta – postawy nauczyciela akademickiego.

Słowa kluczowe: ChatGPT, inżynier, edukacja, sztuczna, inteligencja

Abstract

The article concerns the use of one of the most advanced tools in education, which is based on artificial intelligence using a deep learning algorithm to process and generate text, which is the ChatGPT language model. Using the example of the profession of an IT engineer, the author confronted the traditional teaching process with the needs of the modern labor market and the potential of AI tools. As a result of the analysis of literature and press reports, she defined the potential opportunities and challenges of AI in the work and education of engineers. The results of a survey conducted among IT engineering students in 2023 illustrated the importance of ChatGPT for students – their previous experiences, awareness, needs and expectations towards universities and educators. The analysis confirms that higher education institutions have joined the group of organizations to use artificial intelligence in teaching in many ways. To achieve full success in the implementation of AI tools in engineering education, according to the author, a revision of the applied techniques, tools and teaching methods is required, as well as the adoption of a coaching role and the attitude of an academic teacher supporting the student's self-development.

Keywords: ChatGPT, engineer, education, artificial intelligence

[1] dr inż., ORCID: 0000-0002-2826-6244, e-mail: jnowicka@ans.edu.pl.

Wstęp

W czasach, w których sztuczna inteligencja zmieniła na zawsze krajobraz ludzkiej codzienności, pojawiają się powszechnie, np. w restauracjach, stacjach paliw, bibliotekach, bankach. Dotyczy to m.in. finansów, marketingu, technologii produkcji, transportu, czyli praktycznie każdego aspektu funkcjonowania współczesnych organizacji. Jak wskazuje T. Szpilkowski z Bergman Engineering komentując *Raport pracy inżynierów w polskim przemyśle w 2022 r.* „postępująca robotyzacja i automatyzacja, gwałtownie rosnąca liczba danych oraz przyspieszony rozwój technologiczny powoduje, że inżynierowie to najbardziej pożądana grupa specjalistów na rynku pracy" (https://polskiprzemysl.com.pl). *Raport szkolnictwo wyższe w roku akademickim 2022/2023 GUS (wyniki wstępne)* według stanu na dzień 31 grudnia 2022 r. informuje, że w uczelniach polskich kształciło się 1223,6 tys. osób z czego jedynie 13,2% studiowało kierunki techniczne, przemysł, budownictwo, a absolwenci uczelni w roku akademickim 2021/2022 stanowili 292605 osób. Technikę, przemysł i budownictwo ukończyło 44431 osób, a technologie teleinformacyjne 13512 osób. Przywołane dane wskazują, że kierunki technicznie STEM (nauka, technologia, inżynieria, matematyka) nie należą do najczęściej wybieranych kierunków studiów. Decyduje o tym, zarówno brak aktualnej wiedzy o atrakcyjności zawodu, a także czasochłonność (studia inżynierskie trwają 7 semestrów, podczas gdy licencjat 6) i spory nakład pracy związany ze studiowaniem kierunków technicznych.

Sztuczna inteligencja, według badania przeprowadzonego przez PricewaterhuseCoopers (PwC) z 2021 roku, może wnieść do światowej gospodarki blisko 15,7 biliona dolarów do 2030 roku, czyli 2-krotnie więcej niż obecnie jest warta łącznie produkcja gospodarek Chin i Indii (Ponteves, 2021). *Założenia do strategii AI w Polsce, Plan działań Ministerstwa Cyfryzacji* – stwierdza: „konieczność systemowego budowania na każdym etapie kształcenia, kompetencji niezbędnych dla tworzenia, wdrażania i korzystania z technologii opartych na AI (z ang. *artifical intelligence*) w kontekście tworzenia oraz korzystania z technologii AI"(https://www.gov.pl). Konieczne jest zatem metodyczne przygotowanie przyszłych kadr inżynierskich i włączenie sztucznej inteligencji do procesu kształcenia w szkołach wyższych.

W edukacji XXI wieku coraz częściej stosuje się rozwiązania sztucznej inteligencji oparte na technologii AI, m.in. wizualizacji, rozpoznawalności mowy, przetwarzania języka naturalnego a także elementów systemów adaptacyjnych czy technologii VR (z ang. *Virtual reality*). Dla nauczyciela i ucznia: personalizacja treści i tempa nauczania, dedykowany feedback, opracowywanie i weryfikacja testów czy zaawansowana analiza wyników uczniów to jedynie przykłady możliwości jakie stworzył model językowy ChatGPT (ang. *Generative Pre-trained Transformer*) w edukacji obok dziedzin takich, jak rozrywka, sztuka, tłumaczenia, programowanie.

Celem artykułu była analiza możliwości implementacji rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji w procesie kształcenia inżynierów. Autorka ograniczyła zakres tematyczny do generatora treści ChatGPT. Powszechnie używany i popularny wśród uczniów i studentów – (bezkrytycznie stosowany jako ostateczne i najlep-

sze źródło wiedzy) – uzasadniły ten wybór. Zastosowane w artykule metody badawcze to: analiza literatury, raportów i doniesień prasowych, case study z metodą sondażu diagnostycznego przeprowadzonego techniką ankiety badawczej w 2023 r. wśród 82% ogólnej liczby studentów z kierunku inżynier informatyk jednej z wrocławskich uczelni.

Artykuł składa się z trzech części – w pierwszej autorka omówiła inżynierię, jako dziedzinę wiedzy, nauki i pracy w tym społeczną i zawodową rolę inżyniera. W drugiej części autorka omówiła zastosowanie sztucznej inteligencji w edukacji inżynierskiej, a w trzeciej zaprezentowała wyniki badań ankietowych wśród studentów informatyki, aby na ich przykładzie ocenić wpływ generatora treści ChatGPT na edukację inżynierską. Artykuł zamyka podsumowanie.

Inżynieria jako dziedzina wiedzy, nauki i pracy

Inżynieria według Słownika języka polskiego PWN to „sztuka projektowania i konturowania obiektów oraz urządzeń technicznych" (https://sjp.pwn.pl). Inżynieria zatem zajmuje się rozwojem technologii. Jest to działalność, która wymaga rozwiązywania problemów różnej natury oraz skali. Inżynierowie są zaangażowani w projektowanie, ocenę, rozwój, testowanie, modyfikację, kontrolę i inne procesy szerokiej gamy produktów, konstrukcji i systemów. Inżynieria jest niezwykle rozległą i skomplikowaną dziedziną, która obejmuje szeroki zakres specyfikacji. Podobne określenie zawarte jest w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 27 października 2022 w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. 2022, poz. 2202.) W grupie dziedzin nauk inżynieryjno-technicznych można odnaleźć 11 dziedzin specjalistycznych, tj. m. in. inżynieria lądowa, informatyka techniczna i telekomunikacja, czy inżynieria materiałowa, mechaniczna (https://isap.sejm.gov.pl/). Duża ilość specjalizacji inżynierii potwierdza konieczność wykorzystywania nauk technicznych i rozwiązań inżynieryjnych, aby je zrozumieć, wyjaśnić i rozwiązać problemy różnej natury, np. społecznej, ekonomicznej.

Absolwenci kierunków technicznych z tytułem inżyniera dysponują wysokimi kompetencjami zawodowymi, a są to wysoko cenione umiejętności w rozwoju przemysłu, gospodarki, przedsiębiorczości, IT i innych obszarów gospodarki.

Rozpoczynając analizę należy zauważyć, że w prawie polskim brak jest jednej obowiązującej i ustawowej definicji inżyniera. Definicje zawodowe są określone w przepisach dotyczących poszczególnych zawodów inżynierskich. Na podstawie Ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz. U. 2023, poz. 55) określa się inżyniera jako: „osobę posiadającą wykształcenie wyższe techniczne i kwalifikacje zawodowe" (https://isap.sejm.gov.pl/).

Amerykańska organizacja akredytująca programy studiów inżynierskich ABET (ang. *Accreditation Board for Engineering and Technology*) definiuje inżyniera jako: „zawód, w którym wiedza z zakresu nauk matematycznych i przyrodniczych zdobyta w wyniku studiów, doświadczenia i praktyki jest stosowana z rozsądkiem, w celu opracowania sposobów ekonomicznego wykorzystania i sił natury dla dobra ludzkości" (https://www.abet.org/).

W Unii Europejskiej podobnie nie ma jednolitej definicji inżyniera, która byłaby obowiązująca dla wszystkich państw członkowskich, a kwestie regulacyjne są określone w prawie krajowym. Dyrektywa 2005/36/WE dotycząca uznawalności kwalifikacji zawodowych w Unii Europejskiej dostarcza ogólnych ram dla uzgadniania standardów kwalifikacji w różnych krajach członkowskich;, określa minimalne wymagania dotyczące kwalifikacji, doświadczenia zawodowego i innych warunków pozwalających na pracę w danym zawodzie na terenie innego państwa członkowskiego UE (https://www.prawo.pl/).

Inżynier to tytuł zawodowy nadawany osobom z wyższym wykształceniem zdobytym na uczelni technicznej, w 3,5 letnim cyklu kształcenia na kierunkach: mechanika, elektronika, metalurgia, górnictwo, informatyka, geologia, chemia, architektura. Analizując klasyfikacje zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy oraz zakresu jej stosowania (Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 7 sierpnia 2014 r. w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy oraz zakresu jej stosowania (Dz. U., poz. 227) można znaleźć 132 zawody inżynierskie, np. inżyniera organizacji i planowania produkcji (nr zawodu 214102), inżyniera budowy dróg (214207) czy bioinżynieria (213104) (https://isap.sejm.gov.pl/).

Inżynier to specjalista, który powinien posiadać szereg kompetencji, składających się z wiedzy, umiejętności i zdolności, których przykładowy wykaz prezentuje tabela 1.

Tabela 1. Kompetencje zawodowe inżyniera

Kompetencje zawodowe		
Kompetencje społeczne	**Umiejętności, kompetencje i wiedza techniczna**	**Umiejętności interpersonalne**
• zdolność do efektywnej współpracy z członkami zróżnicowanego (pod względem wiedzy, wieku, narodowości i innych czynników) zespołu, • umiejętność negocjacji (projektów, warunków współpracy w tym zakupów) z partnerami biznesowymi, • umiejętność efektywnego planowania i zarządzanie czasem, • umiejętność efektywnego kierowania i zarządzania (grupą, zespołem projektowym lub organizacją).	• umiejętność jasnego i skutecznego przekazywania informacji technicznych, • wiedza specjalistyczna z określonej dziedziny, • kreatywne i elastyczne podejście do rozwiązywania problemów i generowania nowych pomysłów, • zdolności matematyczne umożliwiające, m.in. prognozowanie, modelowanie czy analizowanie zjawisk, • umiejętność korzystania z najnowszych narzędzi i technologii związanych z określoną dziedziną inżynierii.	• aktywne słuchanie i uwzględnianie opinii innych osób, zwłaszcza klientów i użytkowników końcowych w procesie podejmowania decyzji, • zdolność skutecznego rozwiązywania konfliktów i problemów w zespole i we współpracy z partnerami biznesowymi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: McPherson, 2018; https://interestingengineering.com/; https://pl.indeed.com/; https://polskiprzemysl.com.pl/.

Podstawowym wymogiem wobec inżyniera jak wskazuje Indeed Przewodnik po Karierze 2023 jest przede wszystkim, tzw. „ścisły umysł, a zatem musi posiadać biegłą umiejętność posługiwania się obliczeniami – inżynier powinien być osobą skrupulatną, zwracać uwagę na szczegóły oraz być osobą obdarzoną wyobraźnią przestrzenną, a także powinna go cechować" (https://pl.indeed.com/):

- innowacyjność,
- samodzielność,
- umiejętność rozwiązywania problemów typowo technicznych,
- kreatywność.

Proces edukacji inżynierskiej jest realizowany w cyklu 7 semestrów (3,5 roku) kształcenia obejmującego, w zależności od kierunku 4000-5000 godzin zajęć dydaktycznych. W procesie kształcenia realizowane są:

- kursy teoretyczne i wykłady, które dostarczają wiedzę teoretyczną z przykładami w dziedzinie inżynierii. Opierają się na metodzie słownej, oglądowej z wykorzystaniem prezentacji multimedialnej. Wykład może mieć charakter konwersatoryjny, problemowy lub monograficzny,
- laboratoria i ćwiczenia – to typ zajęć praktycznych, które wymagają zastosowania wiedzy teoretycznej do rozwiązywania praktycznych problemów podczas doświadczeń, realizacji zadań lub projektów samodzielnych lub zespołowych, bazując na aktywnych – włączających metodach dydaktycznych,
- specjalizacja i kursy zaawansowane – w późniejszych latach studiów studenci wybierają specjalizację w zaawansowanych kursach z ich wybraną dziedziną inżynierii,
- praktyki studenckie, które dają możliwość zdobycia doświadczenia w prawdziwym środowisku inżynieryjnym. Jest to forma kształcenia praktycznego w środowisku zawodowym – mająca na celu sprawdzenie zdobytej wiedzy, umiejętności i kompetencji w pracy zawodowej przyszłych inżynierów,
- projekt inżynierski – projekt dyplomowy, które stanowi pracę końcową, rozwiązuje problem w oparciu o zdobyte kompetencje.

Programy kształcenia inżynierów ukierunkowane są na rozwój krytycznego myślenia, umiejętności analitycznych i rozwiązywania problemów, a także zaawansowane umiejętności techniczne w takich obszarach, jak modelowanie, programowanie i projektowanie.

Rola inżyniera w społeczeństwie jest wieloaspektowa. Inżynierowie zaangażowani są w badania i rozwój nowych technologii, projektowanie i rozwój systemów informatycznych, cyberbezpieczeństwo. Współpracują z instytucjami naukowymi i uczelniami, co prowadzi do tworzenia innowacji w dziedzinach takich, jak elektronika, informatyka, telekomunikacja czy energetyka. Zarządzają łańcuchami dostaw, organizują systemy i procesy logistyczne, w tym tras, magazynów, portów i lotnisk, łącząc aspekty zarządzania, technologii, analizy danych i inżynierii. Nadzorują przebieg procesów produkcyjnych, odpowiadają za nowoczesne metody i technologie, mają na celu optymalizację, efektywność i jakość produkcji.

Zrównoważony rozwój, ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko, rozwój technologii diagnostycznych, projektowanie i wdrażanie rozwiązań z zakresu energii odnawialnej, a także wzrost efektywności energetycznej są zadaniami realizowanymi przez inżynierów.

Zastosowanie rozwiązań sztucznej inteligencji w edukacji inżynierskiej

Sztuczna inteligencja to dziedzina informatyki, która powstała w latach 50-tych XX wieku uzyskała status nowej nauki, która zaczęła systematycznie badać zjawisko „inteligencji", a cel ten był zrealizowany poprzez wykorzystanie komputerów do symulacji inteligentnych procesów (https://cloud.google.com/). Jej głównym założeniem było naukowe zrozumienie zjawiska „inteligencji" wiedząc, że logiczne operacje komputerowe można opisać, skwantyfikować i nazwać, natomiast działanie mózgu ludzkiego nie podlega tym regułom. Najważniejszym celem badaczy sztucznej inteligencji było zbudowanie systemu komputerowego o inteligencji i zdolności rozumowania dorosłego człowieka. Kluczowym założeniem twierdzeń o sztucznej inteligencji jest jak wskakuje Pylyshyn, Shapiro stwierdzenie że „stany mentalne są stanami obliczeniowymi a ich poznanie równa się obliczeniu" (Pylyshyn, 1984). jak wskazują Brey, J. Hartz Soraker inteligencja jest rozumiana w sztucznej inteligencji jako „ogólna zdolność umysłowa, która obejmuje zdolność umysłową, która obejmuje kilka bardziej szczegółowych zdolności, takich jak zdolność rozumowania, planowania, rozwiazywania problemów, pomysłów, używania języka i uczenia się" (Brey, Hartz Soraker, 2009).

Poszukiwania definicji sztucznej inteligencji warto rozpocząć od stwierdzenia J. McCarthy z 2004 r., według którego sztuczna inteligencja (*ang. Artifical inteligence*) to „nauka i inżynieria polegająca na tworzeniu inteligentnych maszyn", w szczególności inteligentnych programów i aplikacji komputerowych. Wiąże się to z wykorzystaniem komputerów do zrozumienia ludzkiej inteligencji, przy czym sztuczna inteligencja nie musi się ograniczać do metod, które są biologicznie obserwowalne (McCarthy, Wright, 2004).

W literaturze przedmiotu zauważalny jest brak zgodności co do jednolitego i jednoznacznego definiowania sztucznej inteligencji, dla przykładu:

- według Mc Phersona „sztuczna inteligencja odnosi się do robotów, komputerów i innych maszyn posiadających ludzką zdolność do rozumowania i rozwiazywania problemów" (https://sciencedirect.com/);
- natomiast D. D. Luxton określa ją jako „dziedzinę nauki zajmującą się badaniem i projektowaniem inteligentnych maszyn" (Luxton, 2016); sztuczna inteligencja jest definiowana jako inteligencja maszynowa, która umożliwia naśladowanie ludzkich możliwości;
- globalne przedsiębiorstwo informatyczne Google określa AI jako „teorię i rozwój systemów komputerowych zdolnych do wykonywania zadań, które w przeszłości wymagały ludzkiej inteligencji takich, jak rozpoznanie mowy, podejmowanie decyzji i identyfikowanie wzorców" (Ponteves, 2021, s. 17);
- T. Zalewski definiuje sztuczną inteligencją jako „system, który pozwala na wykonanie zadań wymagających procesu uczenia się i uwzględnienia owych okoliczności w toku rozwiązywania danego problemu i który może w różnym stopniu – w zależności od konfiguracji działań autonomicznie oraz wchodzić w interakcje z otoczeniem" (Zalewski, 2020, s. 3);
- według organizacji współpracy gospodarczej i rozwoju OECD (ang. *Organisation for*

Economic Cooperation and Development) sztuczna inteligencja to „system oparty na koncepcji maszyny, która może wpływać na środowisko, formułując zalecenia, przewidywania lub decyzje dotyczące zadanego zestawu celów"(https://www.gov.pl/).

Podsumowując rozważania definicyjne należy się zgodzić z D. D. Luxton, który wskazuje, że technologie sztucznej inteligencji działają za kulisami ludzkiej rzeczywistości – będąc na tyle powszechnymi, że nie rozpoznawalnymi jako technika AI. Dla przykładu występują w: prognozowaniu pogody, planowaniu logistyki i transportu, finansów, monitorowania czy handlu akcjami, ale także w systemach naprowadzania samolotów, czy oprogramowania w inteligentnych urządzeniach mobilnych (np. rozpoznawanie głosu Siri firmy Apple lub w przeglądarkach internetowych).

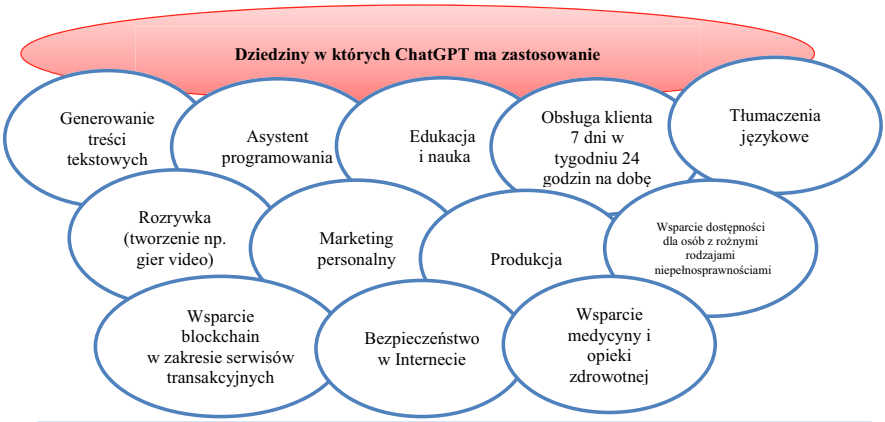
Sztuczna inteligencja budzi wiele obaw i sprzeciwów, podobnie w innych wywołuje fascynację i uznanie w biznesie, życiu prywatnym i zawodowym. W tabeli 2 zostały zaprezentowane przykładowe wady i zalety zastosowania technologii sztucznej inteligencji.

Tabela 2. Wady i zalety sztucznej inteligencji

Zalety	Wady
• ogranicza ilość błędów ludzkich poprzez zwiększenie dokładności i precyzji, • uzupełnia możliwości ludzkie i realizuje zadania niedostępne dla ludzi np. analiza ogromnej ilości danych, na których sztuczna inteligencja sprawnie operuje, • ma zastosowanie w zadaniach ryzykownych i niebezpiecznych, np. rozbrojenie bomby, • automatyzacja rutynowych, powtarzalnych ale koniecznych czynności, np. wspomaga korespondencję w odpowiedzi na te same e-maile dla różnych odbiorców, • pozwala uzupełnić deficyt specjalistów i/lub zapewnienie dostępności 24x7, np. w biurach obsługi klienta, • zapewnia podejmowanie bezstronnych decyzji, np. w procesie rekrutacji pracowników lub zastosowanie w medycynie, np. w diagnostyce lub terapii chorób, • jest to siła napędową do licznych innowacji, np. w sektorze rozrywki pomaga artystom, muzykom i pisarzom w generowaniu nowatorskich pomysłów podobnie naukowcom – w odkrywaniu zależności, budowaniu nowych teorii ale także przesuwaniu granic twórczych, • wspiera różnorodność w miejscu pracy i osoby niepełnosprawne w pokonywaniu ich niepełnosprawności w dostępnie do pracy i innych elementów życia, np. systemy rozpoznawania mowy lub obiektów.	• wysokie koszty procesu wdrożenia bez gwarancji sukcesu, • sztuczna inteligencja myśli szablonowo, proponowane rozwiązania mają charakter schematyczny wobec ludzkiej nieograniczonej kreatywności, nieschematycznym myśleniem i emocjami, • ogranicza kreatywność ludzką i rozleniwia, • wymaga rewizji własnych kompetencji i znalezienia nowego miejsca na rynku pracy, • porusza kwestie etyczne i prawne np. dostęp do danych prywatnych, plagiat.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: https://www.simplilearn.com/.

Jednym z narzędzi sztucznej inteligencji jest generator treści ChatGPT. ChatGPT (ang. *Chat Genrative Pre-Trained Transformer*) to seria popularnych czatbotów AI opracowanych o utrzymanych przez OpenAI opartych na technologii LLM. Chat GPT został uruchomiony 30 listopada 2022 roku – jako darmowy chatbot, który w języku naturalnym potrafi dostarczać wyczerpujących odpowiedzi na wybrany temat. Obecnie GPT-3, GPT-3,5, GPT-4 jest użytkowany przez ponad dwa miliony programistów, ponad 100 milionów aktywnych użytkowników tygodniowo i przez co najmniej 92% firm z listy Fortune 500 (https://www.techopedia.com/).



Rysunek 1. Możliwości ChatGPT

Źródło: opracowanie własne na podstawie: https://www.cnbc.com/.

Na rysunku 1 zaprezentowano przykładowe i zidentyfikowane na dzień 01.01.2024 dziedziny wsparcia i kompetencje ChatGPT. Wobec jego licznych zalet i korzyści nie należy zapominać o ograniczeniach tej technologii takich, jak stronniczość, stereotypowość, niedokładne, a nawet błędne informacje. Analizując możliwości zastosowania ChatGPT w edukacji na poziomie szkoły wyższej warto zwrócić uwagę na różne role i potrzeby użytkowników (tabela 3).

Tabela 3. ChatGPT w szkole wyższej

Student	Nauczyciel akademick w dydaktyce	Nauczyciel akademicki w trakcie badań naukowych
ChatGPT...		
• udziela dodatkowych wyjaśnień i informacji, • prowadzi indywidualne konsultacje, • przygotowuje do egzaminów, • pomaga w rozwiązywaniu problemów, poszerza wiedzę, • przygotowuje samodzielnie wypracowania oraz teksty – jest źródłem inspiracji.	• tworzy samodzielnie materiały edukacyjne i układa testy i opracowuje zadania domowe, dla różnych studentów o różnym stopniu zawansowania wiedzy i dostosowanie do indywidualnych potrzeb uczniów, • daje możliwość wykorzystania w nauczaniu i doskonaleniu umiejętności językowych uczniów, • udziela podstawowych wyjaśnień i informacji zwrotnej studentom.	• pomaga w generowaniu analiz i podsumowań jako inspiracji do pracy własnej, • pomaga w generowaniu hipotez i pomysłów badawczych, • wspomaga poprzez podpowiedzi proces prowadzonych badań w sytuacjach problematycznych, • pomaga w prowadzeniu eksperymentów i projektowaniu i wdrażaniu nowoczesnych metod badań naukowych.

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z tabeli 3 dla studenta ChatGPT może być wykorzystany w procesie samokształcenia, a dla dydaktyka i badacza ciekawe narzędzie wsparcia pracy. Samodzielność nabywania wiedzy, umiejętności i doświadczenia w pracy z ChatemGPT wymaga zaplanowania, zorganizowania własnej pracy, ale także wytrwałości i sumienności. Ważną kwestią efektywności użytkowania generatora treści jest zachowanie rzetelności akademickiej i przestrzegania etyki, zarówno przez nauczyciela, jak i ucznia.

W odpowiedzi na udostępniony model językowy ChatGPT w listopadzie 2022 roku szkoły wyższe podjęły działania mające na celu skuteczną identyfikację treści przygotowanej przez sztuczną inteligencję. Uczelnie takie, jak Uniwersytet Cambridge czy Uniwersytet Oxfordzki wprowadziły całkowity zakaz korzystania z ChatGPT i innego oprogramowania AI. Treści przygotowane przez AI traktowane są jak plagiat a rodzaj kary za ich używanie zależy od wewnętrznych przepisów uczelni. Uczelnie do wykrywania treści AI wykorzystują rozwiązania techniczne w ramach własnego oprogramowania. Uniwersytet Leiden wskazuje, że ChatGPT może być traktowany jako konsultant jedynie pomocny na początkowych etapach badań ale niedozwolone jest skopiowanie lub przepisanie tekstu przygotowanego przez ChatGPT. Uniwersytety oferują studentom kursy instruktażowe, warsztaty i szkolenia takie, jak Uniwersytet Stanford kurs „Pierwsze kroki z ChatGPT" czy „Odkryj sztuczną inteligencję" webinar Uniwersytetu Jagiellońskiego. Celem takich działań jest przekazanie wiedzy o potencjale technologii ChatGPT, możliwościach i ograniczeniach, ale jest to także instrukcja dozwolonego korzystania z AI w edukacji i nauce. Od sierpnia 2023 roku do jednolitego Systemu Antyplagia-

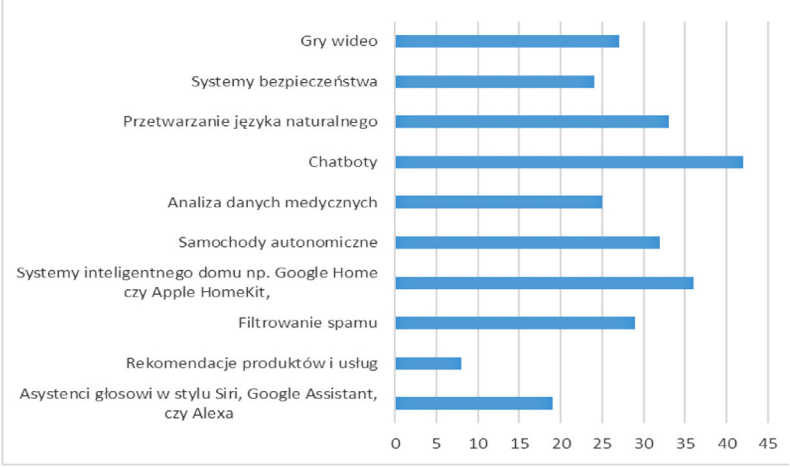
towego została wprowadzona nowa funkcja wykrywania użycia AI (detekcja AI), która procentowo wskazuje i oznacza fragmenty prac dyplomowych lub publikacji naukowych. Warto wspomnieć że ChatGPT jest używane jako przedmiot badań naukowych. Od 2023 roku trwają prace nad polską wersją ChatGPT, które prowadzone są przez konsorcjum naukowe CLARIN-PL na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej. Naukowcy z Politechniki Gdańskiej i AI Lab z Ośrodka przetwarzania Informacji Polskiego Instytutu Badawczego, w obszarze AI opracowali polskojęzyczne generatywne modele językowe o nazwie Qra, które zostały utworzone na podstawie korpusu danych, zawierających teksty wyłącznie w języku polskim. Do weryfikacji tekstów prac dyplomowych i projektów zostały przygotowane detektory treści AI, np. ZeroGPt dostępne w wersjach bezpłatnych lub płatnych aplikacji. Ich wiarygodność w odkrywaniu treści przygotowanej przez sztuczną inteligencję zdaniem autorki bywa różna, ale niewątpliwie stanowią wsparcie i podpowiedź dla naukowca lub nauczyciela. Warto wspomnieć, że w odpowiedzi na detektory AI powstały niewykrywalne narzędzia AI takie, jak: HIX Bypass, Humbot.

Podsumowując, sztuczna inteligencja w edukacji odgrywa coraz większą rolę przyczyniając się do transformacji zarówno procesów nauczania jak i uczenia się.

Rola i znaczenie ChatGPT w procesie kształcenia inżyniera informatyki – projekt implementacji w edukacji inżynierskiej

Aby zdefiniować rolę i znaczenie modelu językowego ChatGPT w procesie kształcenia inżynierskiego na przykładzie autorka przeprowadziła badania sondażowe wśród studentów kierunku informatyka, studia pierwszego stopnia. Badanie zostało przeprowadzone w okresie czerwiec – październik 2023 r. Próba badawcza stanowiła 82% populacji studentów I i III roku. Celem badania była weryfikacja potrzeb, wiedzy, zainteresowań i dotychczasowych doświadczeń studentów kierunku informatyka w zakresie wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji, w tym ChataGPT. W badaniu wzięło udział 79 osób, w tym 66 mężczyzn, którzy stanowili 83% próby i 13 kobiet, które stanowiły 17% próby. Najliczniejszą grupę (blisko 46%) stanowiły osoby w wieku poniżej 22 lat.

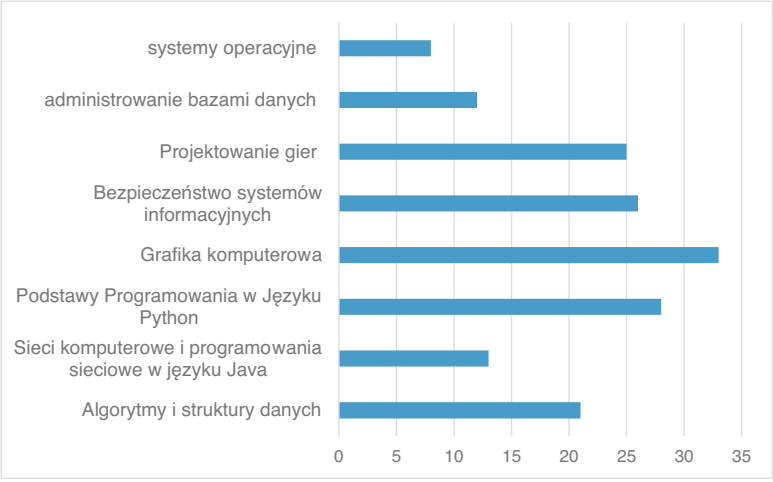
Respondenci zapytani o doświadczenia w wykorzystaniu rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji najczęściej wskazywali chatboty, systemy inteligentnego domu, przetwarzanie języka naturalnego, a najmniejszym zainteresowaniem cieszyły się rozwiązania wspierające obsługę klienta, czyli m.in. asystenci głosowi i rekomendacje wobec produktów (rysunek 2).



Rysunek 2. Rozwiązania sztucznej inteligencji – ranking zainteresowań według studentów

Źródło: opracowanie własne.

Kursy specjalistyczne, które według studentów powinny zawierać tematykę z zakresu sztucznej inteligencji to przede wszystkim grafika komputerowa, projektowanie gier, bezpieczeństwo systemów informatycznych oraz programowanie (rysunek 3).

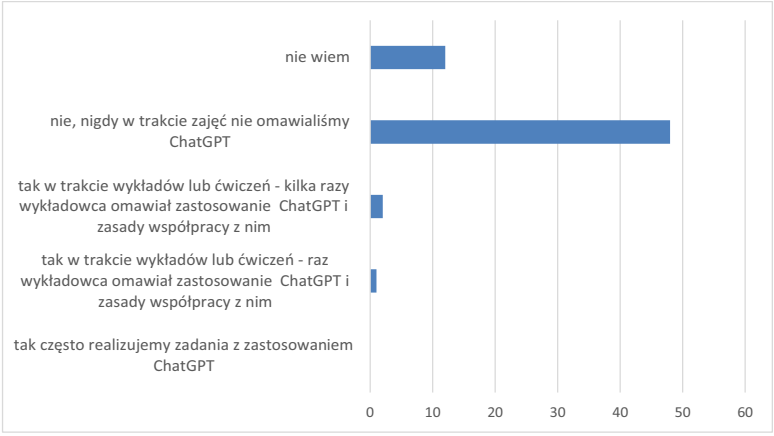


Rysunek 3. ChatGPT w programie studiów – ranking przedmiotów specjalistycznych według studentów

Źródło: opracowanie własne.

Studenci zapytani o implementację ChataGPT w trakcie zajęć dydaktycznych (specjalistycznych i ogólnych) wskazywali najczęściej odpowiedź negatywną. Nieliczne głosy wskazywały na to, że w trakcie kilku zajęć są prezentowane i komen-

towane zastosowania ChataGPT. W komentarzach do tego pytania pojawiały się liczne uwagi, że wielu wykładowców zakazuje używania ChataGPT lub ignoruje prace przygotowane przez ChatGPT (rysunek 4).

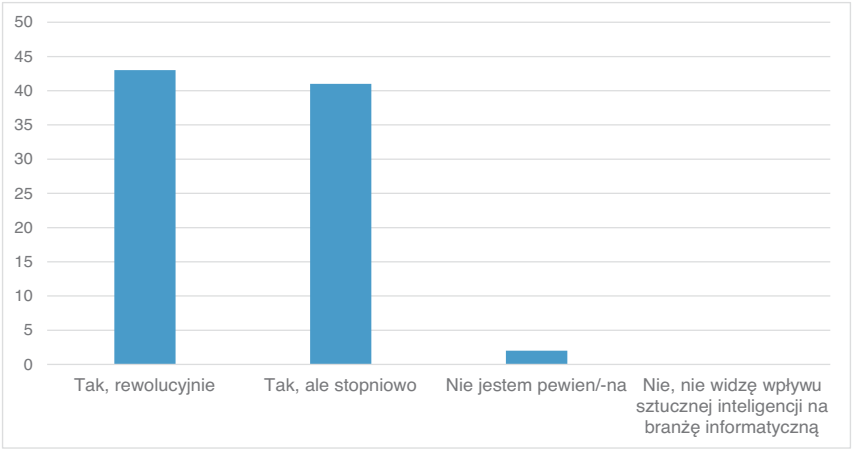


Rysunek 4. Wykorzystanie czataGPT w trakcie zajęć dydaktycznych

Źródło: opracowanie własne.

Zapytani o swoje doświadczenia w pracy z ChatemGPT, studenci potwierdzali, że korzystają lub skorzystali z tego rozwiązania, oceniając wysoko jego pomoc i jakość – w szczególności w przygotowywaniu tekstów, programowaniu, traktując w większości ChatGPT jako asystenta tekstów i wyszukiwarkę informacji. Podkreślając potrzebę wsparcia relacji z ChatemGPT studenci wykazali świadomość niedoskonałości narzędzia. W nielicznych uwagach pojawiały się głosy wskazujące brak umiejętności sprawdzenia jakości wiedzy specjalistycznej dostarczanej przez ChatGPT.

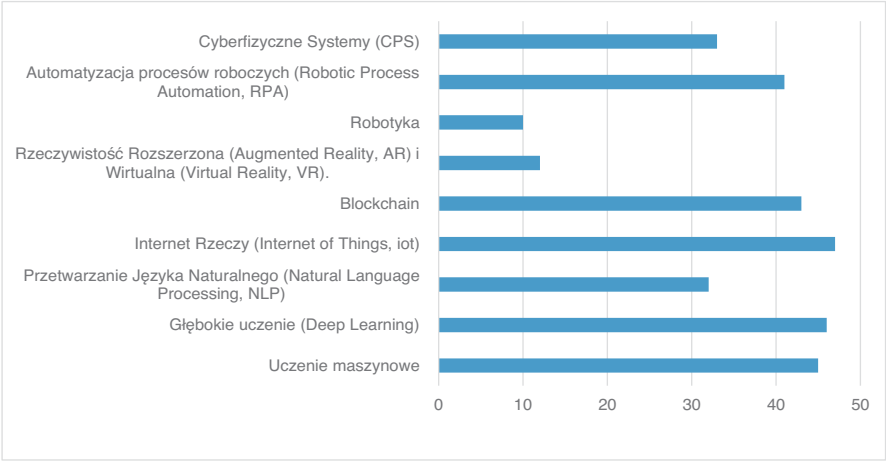
Studenci zapytani o prognozę wpływu sztucznej inteligencji na branżę informatyczną podkreślali świadomość znaczącego wpływu ChataGPT i innych narzędzi AI na ich pracę w przyszłości (rysunek 5).



Rysunek 5. Ocena wpływu rozwiązań sztucznej inteligencji na branżę informatyczną według badanych

Źródło: opracowanie własne.

Studenci zapytani o rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji, które chcieliby poznać i w efekcie nauczyć się w trakcie studiów – wskazywali wiele zagadnień, a ilości udzielonych odpowiedzi wskazują, że praktycznie każda propozycja cieszyła się zainteresowaniem respondentów (rysunek 6).



Rysunek 6. Rozwiązania sztucznej inteligencji, które powinny znaleźć się w programie studiów – ranking zainteresowań według studentów

Źródło: opracowanie własne.

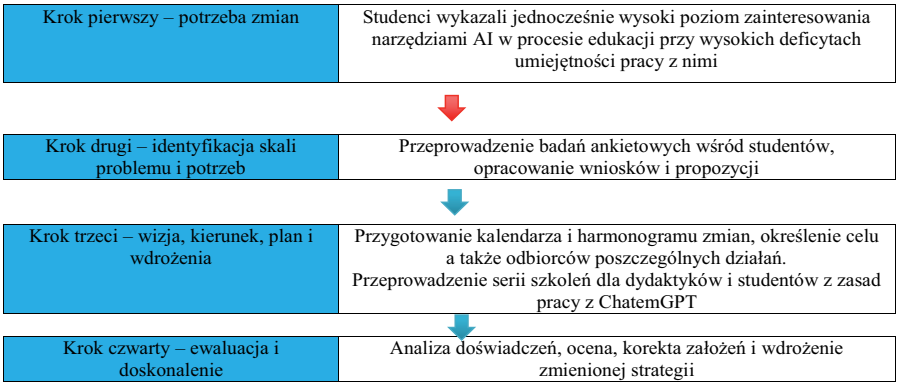
Podsumowując, przeprowadzone badania ankietowe wśród studentów kierunku informatyka pozwoliły wysnuć następujące wnioski badawcze:

- studenci wykazują wysoki stopień zainteresowania tematyką sztucznej inteligencji i jej zastosowaniem w wykonywaniu zadań zawodowych,
- studenci mają świadomość znaczącej i trwałej roli sztucznej inteligencji a także tego, że ChatGPT jest stałym elementem krajobrazu edukacyjnego. Ich liczne głosy potwierdzają potrzebę realizacji tematyki AI w ramach przedmiotów specjalistycznych, jak i ogólnych, a tym samym wsparcia w korzystaniu z narzędzi takich, jak ChatGPT,
- studenci wysoko ocenili aktualne rozwiązania AI takie, jak systemy zarządzania uczelnią w zakresie planowania zajęć, rozliczeń finansowych, ale także platformy edukacyjne używane przez Uczelnię, zarówno do prowadzenia zajęć zdalnych, dystrybucji materiałów dydaktycznych, tutorialu, ale także konsultacji i komunikacji.

W oparciu o przeprowadzoną w poprzednich częściach artykułu analizę literatury – autorka zaproponowała projekt wdrożenia ChataGPT jako przykład narzędzia dydaktycznego w procesie kształcenia inżynierów informatyków, zarówno w zakresie przedmiotów specjalistycznych, jak i ogólnych – teoretycznych i praktycznych. Potrzebę taką potwierdzają omówione wcześniej wyniki badań oraz liczne prognozy rynku IT. W raporcie Future of Jobs Report 2023 World Economic Forum można zauważyć, że wśród 100 ról, które w ciągu czterech ostatnich lat rozwijały się najszybciej to stanowiska IT stanowią trzecią co do wielkości grupę w zestawieniu (https://www.weforum.org/). Według badania Raport z badania społeczności IT 2023, przeprowadzonego przez Bulldogjob.pl w 2022 roku, branża IT jest wyjątkowo chłonna a 82% badanych ukończyło lub studiuje kierunki informatyczne. W pracy informatyka umiejętności merytoryczne decydują o jakości realizowanych rozwiązań dla klienta (https://bulldogjob.pl/). Według badania Rynek pracy inżynierów polskim przemyśle. Raport 2021 i prognoza 2022, Bergman Engineering wśród topowych 5 stanowisk w 2022 roku na pierwszym miejscu znaleźli się specjaliści IT, testerzy i analitycy z umiejętnościami AI (https://ceo.com.pl/).

W branży IT, w związku z rozwojem sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, według Raportu PARP z 2023 roku badani są zgodni – 85% z nich wskazuje, że w bardzo wysokim stopniu staną się potrzebne nowe kompetencje i kwalifikacje. Specjaliści z kompetencjami takimi, jak uczenie się maszynowe, umiejętność posługiwania się Pythonem, SQLem, doświadczeniem w pracy z bibliotekami data science i sztuczną inteligencją będą bardzo pożądani na rynku pracy (www.antal.pl/wiedza/).

W oparciu o analizę literatury i własne doświadczanie projektowe autorka zaproponowała proces wdrożenia narzędzia AI (w tym ChataGPT), którego przebieg prezentuje rysunek 7.



Rysunek 7. Wdrożenie narzędzi AI (w tym ChatGPT) do procesu dydaktycznego

Źródło: opracowanie własne.

Uczelnia, w której zostały przeprowadzone badania stosuje Jednolity System Antyplagiatowy jako narzędzie wsparcia i weryfikacji uczciwości przygotowanych przez studentów treści prac dyplomowych. Jednakże dynamiczny i zupełnie niekontrolowany wzrost liczby wygenerowanych przez AI od 2022 roku i tym samym niesamodzielnych prac, esejów i projektów spowodował konieczność wdrożenia działań w podejściu do ChataGPT. Zaproponowany proces wdrożenia ChataGPT, prezentowany na rysunku 3, będzie działaniem korzystnym dla studentów i nauczycieli akademickich. W odpowiedzi na zidentyfikowane potrzeby studentów można zastosować spersonalizowane i nadzorowane uczenie się, gdy algorytm, analizując postępy studenta pomoże w dostosowaniu programu nauczania, oferując indywidualne treści i dodatkowe materiały dla tych studentów, którzy wymagają dodatkowego przećwiczenia wcześniej omawianych treści a dla innych przyspieszyć tempo nauki. Systemy automatycznego tutoringu oparte na uczeniu maszynowym mogą dostarczyć natychmiastową pomoc i wyjaśnienia studentom trudnych i niezrozumiałych kwestii. W ramach realizowanych projektów inżynierskich studenci mogą pracować z modelami wirtualnymi co umożliwia im eksperymentowanie z ChatemGPT i zdobywanie praktycznego doświadczenia, a w projektach grupowych studenci mogą wykorzystywać podejście uczenia się zespołowego.

Podsumowanie

Współcześnie codzienność wypełniona jest rozwiązaniami z zakresu sztucznej inteligencji, z której korzystają nie tylko firmy aby usprawnić procesy przepływów informacyjnych i rzeczowych, aby zwiększyć zyski i ograniczyć potencjalne straty. Według Raportu Założenia do strategii AI w Polsce, plan działań Ministerstwa Cyfryzacji z 2018 – „wdrożenie AI w kluczowych obszarach gospodarki polskiej może podnieść dynamikę wzrostu PKB o dodatkowe 1,5-2,5%, a Polska musi być twórcą AI a nie tylko jej konsumentem. Wprawdzie sztuczna inteligencja zlikwiduje około miliona stanowisk pracy ale u konsumentów i u twórców może utworzyć

około 1,3 mln nowych miejsc pracy. Ważne jest, aby Polska była beneficjentem AI od strony społecznej a nie ekonomicznej" (https://www.gov.pl). Zatem kolejnym krokiem powinno być podejmowanie inicjatyw na rzecz weryfikacji procesu kształcenia inżynierów w szerszym kontekście – krajowym, a nawet światowym.

Przeprowadzone badanie ankietowe, wśród studentów kierunku informatyka, będących ze względu na cyfrowe środowisko pracy – częstymi beneficjentami rozwiązań AI takich, jak ChatGPT, uzasadnia i potwierdza konieczność metodycznego wsparcia w efektywnym stosowaniu narzędzi sztucznej inteligencji. W szkole wyższej ChatGPT może być asystentem nauczyciela akademickiego pomocnym w przygotowywaniu materiałów dydaktycznych, opracowywaniu case study czy testów, ale także udzielaniu wsparcia studentom i rozwiązywaniu ich problemów. Studenci mogą korzystać z ChataGPT jako interaktywnego narzędzia do nauki – dostosowanego do indywidualnych potrzeb, tempa i stylu uczenia się poszczególnych uczniów. Korzystanie z narzędzi AI może stymulować rozwój umiejętności krytycznego myślenia, formułowania pytań, analizowania informacji i podejmowania świadomych decyzji. Pierwszym krokiem, zdaniem autorki, jest przeszkolenie dydaktyków, którzy stopniowo powinni wprowadzać do zajęć ćwiczenia, zadania, projekty pozwalające studentom kierunków inżynierskich na swobodne, odpowiedzialne i świadome korzystanie z narzędzi AI. Według N. S. Silver, doradczyni biznesowej z Forbs, „dla systemów edukacyjnych niezwykle ważne jest zintegrowanie sztucznej inteligencji z nauczaniem i uczeniem się. W przyszłości sztuczna inteligencja może pomóc w tworzeniu zaawansowanych symulacji i wirtualnych laboratoriów, umożliwiając studentom i pracownikom praktyczną naukę i badania. Narzędzia oparte na sztucznej inteligencji mogą wspierać uczenie się przez całe życie oraz podnoszenie i przekwalifikowanie specjalistów na stale zmieniającym się rynku pracy"(https://www.forbes.com/).

Edukacja wyższa przechodzi znaczącą transformację – stoi na rozdrożu tradycyjnych i innowacyjnych metod nauczania napędzanych postępem technologicznym. Sektor edukacji na długo przed pandemią był zaawansowany technologicznie i chociaż wykorzystanie technologii w sektorze edukacji ograniczało się przede wszystkim do sali wykładowej i uniwersalnych metod nauczania, pandemia covid ukierunkowała edukację w stronę edukacji zdalnej a chatboty stały się kolejnym krokiem w stronę rozwoju cyfrowego.

Dzięki ChatGPT szkoła wyższa może stać się bardziej przystępna i wspierająca rozwój umiejętności studentów takich, jak zaawansowane programowanie, analiza dużych zasobów danych lub inne kompetencje cyfrowe, oferując interaktywne kursy i zasoby edukacyjne. Aby zagwarantować najwyższą efektywność kształcenia na kierunkach technicznych należy zdaniem autorki zrewidować treść programów nauczania i włączyć do nich kursy z obsługi narzędzi sztucznej inteligencji takich, jak ChatGPT. Potwierdzają to potrzeby współczesnego rynku pracy, a także oczekiwania studentów i nauczycieli akademickich. Jako dalszy kierunek badań autorka wskazuje możliwość wykorzystania ChataGPT w procesie monitowania postępów studentów w edukacji inżynierskiej oraz zbadanie wpływy AI na zmiany ich pozycji na rynku pracy.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) De Ponteves, H. (2021). *Sztuczna inteligencja*. Gliwice: Helion.
2) Sloane, E. B., Silva, R. J. (2020). Artificial intelligence in medical devices and clinical decision support systems*. Clinical Engineering Handbook (Second Edition)*, 556-568. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00084-5.
3) Luxton, D. D. (2015). *Artifical Inteligence in Behavioral and Mental Health Care 2016*. Seattle: Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420248-1.00001-5.
4) Mueller, J. P., Massaron, L. (2021). *Sztuczna inteligencja dla bystrzaków*. Gliwice: Helion.
5) Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and Cognition*. Cambridge: MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/2004.001.0001.
6) Zalewski, T. (2020). *Definicja sztucznej inteligencji*. W: L. M. Świerczyński (red.), *Prawo sztucznej inteligencji*. Warszawa: C.H.Beck. Pobrane z: https://www.nexto.pl/upload/virtualo/c_h_beck/796488c26650926828a56fa4853e8d-9f7e013e64/free/796488c26650926828a56fa4853e8d9f7e013e64.pdf (dostęp: 06.01.2024).

Źródła internetowe

1) *10 najlepszych niewykrywalnych autorów AI, których można obejść moduł sprawdzania zawartości AI*. Pobrane z: https://bypass.hix.ai/pl/hub/best-undetectable-ai-writers (dostęp: 04.05.2024).
2) *16 Things You Can Do With ChatGPT*. Pobrane z: https://www.makeuseof.com/things-you-can-do-with-chatgpt/ (dostęp: 06.01.2024).
3) *Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości UJ*. Pobrane z: https://aip.uj.edu.pl/ (dostęp: 04.05.2024).
4) *Artificial intelligence*. Pobrane z: https://www.oecd.org/digital/artificial-intelligence/ (dostęp: 06.01.2024).
5) *Artificial intelligence*. Pobrane z: https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/artificial-intelligence (dostęp: 06.01.2024).
6) *Bergman Engineering: Szykuje się dobry rok dla inżynierów – nie zabraknie dobrze płatnej pracy.* Pobrane z: https://polskiprzemysl.com.pl/raporty/praca-dla-inzyniera/ (dostęp: 06.01.2024).
7) Brey, P., Soraker, J. H. (2009). Philosophy of Computing and Information Technology. *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51667-1.50051-3. Pobrane z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444516671500513 (dostęp: 06.01.2024).
8) *ChatGPT – co to takiego? Jak z niego skorzystać?* Pobrane z: https://www.politykabezpieczenstwa.pl/pl/a/chatgpt-co-to-takiego-jak-z-niego-skorzystac (dostęp: 06.01.2024).

9) *ChatGPT – korzyści i zagrożenia – Blog – Widzialni.pl.* Pobrane z: https://widzialni.pl/chatgpt-korzysci-zagrozenia/ (dostęp: 06.01.2024).
10) *ChatGpt kontra qra z Politechniki Gdańskiej*. Pobrane z: https://radiogdansk.pl/wiadomosci/region/trojmiasto/2024/03/10/chat-gpt-kontra-qra-z-politechniki-gdanskiej-w-czym-jest-lepsza-sztuczna-intelige… (dostęp: 04.05.2024).
11) *ChatGPT: What is possible and what is allowed?* Pobrane z: https://www.library.universiteitleiden.nl/students/chatgpt#i-am-a-student-dos-and-don-ts (dostęp: 04.05.2024).
12) Cote, J. *Different Types of Engineering: Salary and Job Outlook, SNHU*. Pobrane z: https://www.snhu.edu/about-us/newsroom/stem/types-of-engineering (dostęp: 06.01.2024).
13) *Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2024 – 2025*. Pobrane z: https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2024-2025/ (dostęp: 06.01.2024).
14) *Czym jest sztuczna inteligencja.* Pobrane z: https://www.gov.pl/web/ai/czym-jest-sztuczna-inteligencja2 (dostęp: 06.01.2024).
15) DeVon, Ch. *On ChatGPT's one-year anniversary, it has more than 1.7 billion users—here's what it may do next.* Pobrane z: https://www.cnbc.com/2023/11/30/chatgpts-one-year-anniversary-how-the-viral-ai-chatbot-has-changed.html (dostęp: 06.01.2024).
16) Duggal, N. *Advantages and Disadvantages of Artificial Intelligence [AI].* Pobrane z: https://www.simplilearn.com/advantages-and-disadvantages-of-artificial-intelligence-article (dostęp: 06.01.2024).
17) *Gartner Predicts 69% of Routine Work Currently Done by Managers will Be FullyAutomated by 2024.* Pobrane z: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-01-23-gartner-predicts-69--of-routine-work-currently-done-b (dostęp: 06.01.2024).
18) *Getting Started with ChatGPT.* Pobrane z: https://uit.stanford.edu/service/techtraining/class/getting-started-chatgpt (dostęp: 04.05.2024).
19) *How AI Workflow Automation Can Transform Your Business in 2023.* Pobrane z: https://kissflow.com/workflow/how-to-automate-workflows-with-ai/. (dostęp: 06.01.2024).
20) https://sjp.pwn.pl/szukaj/in%C5%BCynieria.html (dostęp: 06.01.2024).
21) *Indeed Przewodnik po karierze.* Pobrane z: https://pl.indeed.com/porady-zawodowe (dostęp: 06.01.2024).
22) *Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin naukowych w Polsce*. Pobrane z: bob.uw.edu.pl/klasyfikacja-dziedzin-i-dyscyplin-naukowych-w-polsce/ (dostęp: 06.01.2024).
23) Maples, B. *Using ChatGPT at University.* Pobrane z: https://universitycompare.com/advice/student/using-chat-gpt-at-university (dostęp: 04.05.2024).
24) Matlujewicz, B. *ChatGPT i sztuczna inteligencja – szanse i zagrożenia.* Pobrane z: https://www.sunrisesystem.pl/blog/chatgpt-i-sztuczna-inteligencja-szanse-i-zagrozenia/ (dostęp: 06.01.2024).

25) McCarthy, J., Wright, P. (2004). *Technology as Experience.* London: The MIT Press. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1981687 (dostęp: 06.01.2024).
26) Mowlaee, N. *Top 12 Personality Traits of Ultra-Successful Engineers*. Pobrane z: https://interestingengineering.com/culture/personality-traits-successful--engineers (dostęp: 06.01.2024).
27) *Polski ChatGPT? Trwają prace na Politechnice Wrocławskiej*. Pobrane z: https://www.rmf24.pl/regiony/wroclaw/news-polski-chatgpt-trwaja-prace-na-politechnice-wroclawskiej,nId,7078885#crp_state=1 (dostęp: 04.05.2024).
28) *Raport GUS szkolnictwo wyższe w roku akademickim 2022/2023 (wyniki wstępne)*. Pobrane z: https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/edukacja/edukacja/szkolnictwo-wyzsze-w-roku-akademickim-20222023-wyniki-wstepne,8,9.html (dostęp: 06.01.2024).
29) *Raport z Badania Społeczności IT 2023.* Pobrane z: https://bulldogjob.pl/it--report/2023 (dostęp: 06.01.2024).
30) *Raport Założenia do strategii AI w Polsce, Plan działań Ministerstwa Cyfryzacji.* Pobrane z: https://www.gov.pl/documents/31305/436699/Za%C5%82o-%C5%BCenia_do_strategii_AI_w_Polsce_-_raport.pdf (dostęp: 06.01.2024).
31) Rouse, M. *ChatGPT.* Pobrane z: https://www.techopedia.com/definition/34933/chatgpt (dostęp: 06.01.2024).
32) *Rynek pracy inżynierów w polskim przemyśle – podsumowanie 2021 i prognoza 2022.* Pobrane z: https://ceo.com.pl/rynek-pracy-inzynierow-w-polskim-przemysle-podsumowanie-2021-i-prognoza-2022-2022 (dostęp: 06.01.2024).
33) *The Future Of Education – Disruption Caused By AI And ChatGPT: Artificial Intelligence Series 3/5*. Pobrane z: https://www.forbes.com/sites/nicolesilver/2023/06/05/the-future-of-educationdisruption-caused-by-ai-and-chatgpt-artificial-intelligence-series-3-of-5/ (dostęp: 06.06.2024).
34) *The Future of Jobs Report 2023*. Pobrane z: https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/ (dostęp: 06.01.2024).
35) *Uruchomienie wykrywania użycia AI w pracach pisemnych już dostępne w systemie Antyplagiat*. Pobrane z: https://plagiat.pl/blog/2023/08/11/uruchomienie-wykrywania-uzycia-ai-w-pracach-pisemnych-juz-dostepne-w-systemie-antyplagiat/ (dostęp: 04.05.2024).
36) *What are the advantages and disadvantages of artificial intelligence?* Pobrane z: https://www.tableau.com/data-insights/ai/advantages-disadvantages (dostęp: 06.01.2024).
37) *What is Artificial Intelligence (AI)?* https://cloud.google.com/learn/what-is--artificial-intelligence (dostęp: 06.01.2024).
38) *What Is Artificial Intelligence? Definition, Uses, and Types.* Pobrane z: https://www.coursera.org/articles/what-is-artificial-intelligence (dostęp: 06.01.2024).

39) *Wyzwania HR. Praca w IT – czy wciąż mamy do czynienia z rynkiem pracownika?* Pobrane z: https://wyzwaniahr.pracuj.pl/blog/rekrutacja-i-cx-w-it/praca-w-it-czy-wciaz-mamy-do-czynienia-z-rynkiem-pracownika/ (dostęp: 06.01.2024).

Akty prawne

1) Dyrektywa 2005/36/WE dotycząca uznawalności kwalifikacji zawodowych w Unii Europejskiej. Pobrane z: https://www.prawo.pl/akty/dz-u-ue-l-2005-255-22,67555903.html (dostęp: 06.01.2024).
2) Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 27 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. 2022, poz. 2202) Pobrane z: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180001861(dostęp: 06.01.2024).
3) Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 7 sierpnia 2014 r. w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy oraz zakresu jej stosowania (Dz. U. 2014, poz. 227). Pobrane z: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20140001145 (dostęp: 06.01.2024).
4) Ustawa z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (Dz. U. 2023 poz. 551, tj.). Pobrane z: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20010050042 (dostęp: 06.01.2024).

Adam Weinert[1]
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

AI w zarządzaniu strategicznym – przykład narzędzia Localo jako aplikacji do analizy lokalnej konkurencji

Streszczenie

Artykuł przedstawia rolę sztucznej inteligencji w zarządzaniu strategicznym. W celu ukazania potencjalnych zastosowań AI przedstawiono studium przypadku narzędzia Localo. Jest to rozwiązanie dedykowane strategom, analitykom oraz decydentom na różnych szczeblach organizacji, umożliwiające analizę lokalnej konkurencji w czasie rzeczywistym oraz zarządzanie widocznością w mapach Google. Wprowadzenie AI do procesu zarządzania strategicznego, włączając w to podejmowanie decyzji strategicznych na podstawie wielu danych, stanowi istotny krok pozwalający przedsiębiorstwom na bardziej wszechstronne zrozumienie najbliższego otoczenia konkurencyjnego. Efektem tego może być podejmowanie decyzji o wyższej precyzji, zwłaszcza na poziomie strategicznym. Szczególnie korzystnym przykładem są mikro i małe przedsiębiorstwa działające głównie lokalnie, które mogą czerpać znaczące korzyści z tego typu narzędzi. Przegląd dostępnych narzędzi IT został wsparty literaturą przedmiotu oraz doświadczeniem autora korzystającego z przywołanych narzędzi w ramach trzymiesięcznych testów w wybranym przedsiębiorstwie.

Słowa kluczowe: zarządzanie strategiczne, analiza konkurencji, sztuczna inteligencja, narzędzia IT w zarządzaniu, lokalne konkurowanie

Abstract

The article presents the role of artificial intelligence in strategic management. In order to demonstrate the potential applications of AI, a case study of the Localo tool was presented. This solution is dedicated to strategists, analysts, and decision-makers at various levels of the organization, enabling real-time local competition analysis and managing visibility on Google maps. The introduction of AI into the strategic management process, including making strategic decisions based on multiple data points, is an important step allowing enterprises to have a more comprehensive understanding of the immediate competitive environment. This may result in higher precision decision-making, especially at the strategic level. Particularly exemplary are micro and small enterprises operating mainly locally, which can significantly benefit from such tools. The review of available IT tools was supported by the literature on the subject and the author's experience of using the tools during three-month tests in a selected company.

Keywords: strategic management, competition analysis, artificial intelligence, IT tools in management, local competition

[1] dr, ORCID: 0000-0002-8697-8944, e-mail: adam.weinert@ue.poznan.pl

Wstęp

W dzisiejszym dynamicznym i turbulentnym środowisku biznesowym, które jest nieustannie poddawane nowym zmianom, rola sztucznej inteligencji (AI) w zarządzaniu przedsiębiorstwem staje się nieodłącznym elementem skutecznego, a co się z tym wiąże, również innowacyjnego prowadzenia działalności gospodarczej, zwłaszcza w dobie gospodarki Przemysłu 4.0 (Młody, Weinert, 2020). Zmiany, które dostrzega się od momentu upowszechnienia takich narzędzi jak ChatGPT (chatbot) opracowanego przez OpenAI, wpływają na poszczególny obszary zarządzania, w tym również na proces zarządzania strategicznego i samych wyborów strategicznych (Ayinde i inni, 2023). Wykorzystanie AI w obszarze zarządzania strategicznego „otwiera drzwi" do nowych perspektyw i możliwości dla strategów (Stone i inni, 2020). Wpisuje się to w poszukiwania fundamentów powodzenia przedsiębiorstw w perspektywie strategicznej (Urbanowska-Sojkin, 2021), a także nowych nurtów i koncepcji w dziedzinie zarządzania strategicznego, jak na przykład budowania otwartej strategii (z ang. *Open Strategy*) (Urbanowska-Sojkin, Weinert, 2020). W miarę jak technologie ewoluują, stają się coraz bardziej integralną częścią strategii konkurowania, umożliwiając bardziej skomplikowane analizy, identyfikację trendów rynkowych i skuteczniejsze dostosowywanie się do zmieniającego się makro i mikro otoczenia (Młody, Weinert, 2020; Weinert, 2016; Ayinde i inni, 2013).

W niniejszym artykule eksplorowano różne aspekty tego dynamicznego zjawiska, starając się zwrócić uwagę na to, jakie korzyści mogą uzyskać przedsiębiorstwa z wykorzystywania narzędzi do analizy lokalnej konkurencji, a zastosowaniem sztucznej inteligencji w zarządzaniu strategicznym[2]. Autor skupił się na fundamentalnym znaczeniu AI w zarządzaniu strategicznym w przedsiębiorstwie, przywołując konkretne przykłady rozwiązań funkcjonujących na rynkach zagranicznych, jak i krajowych, a w szczególności analizując możliwości narzędzia Localo jako wybranego (po testach) przykładu aplikacji dostarczającej korzyści, wynikających z implementacji AI w procesie analizy strategicznej. Wskazane studium przypadku – narzędzie Localo stanowi praktyczne zastosowanie tego, jak zaawansowane systemy AI mogą wspierać procesy zarządzania strategicznego oraz przyczyniać się do analizy lokalnej konkurencji dla mikro i małych przedsiębiorstw.

AI w zarządzaniu strategicznym

Sztuczna inteligencja (ang. *Artificial Intelligence*) w kontekście zarządzania strategicznego (ang. *Strategic Management*), definiowana jest jako zbiór zaawansowanych technologii, które umożliwiają systemom zrozumienie otoczenia, przetwarzanie informacji oraz podejmowanie autonomicznych decyzji (Suklun, 2021).

[2] Szczegółowy opis narzędzia znajduje się na stronie https://pl.localo.com/. Jak wskazuje CEO tego narzędzia – jest to pierwsze na świecie narzędzie, które służy do kompleksowego monitorowania i zarządzania profilami firm w Google. Pomysłodawcą aplikacji jest Agencja KS (https://ks.pl).

To zagadnienie wywodzi się z powstania generacji systemów eksperckich (inaczej nazywanych systemami z bazą wiedzy), na którą pozwolił rozwój szeroko rozumianych technologii informatycznych we wcześniejszych latach (Weinert, 2018). Rodzaje AI obejmują dziś m.in.: uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego oraz algorytmy genetyczne, które pozwalają systemom adaptować się do zmiennych warunków rynkowych (Marr, 2019). Dostrzega się, że AI przenika już praktycznie do każdego obszaru funkcjonalnego strategii przedsiębiorstw (Jusman i in., 2023).

Zastosowanie AI w zarządzaniu strategicznym obejmuje szereg obszarów, począwszy od analizy danych po prognozowanie trendów rynkowych. Dzięki możliwościom uczenia maszynowego, systemy te są w stanie identyfikować wzorce, które mogą ujawnić nowe możliwości biznesowe lub potencjalne zagrożenia konkurencyjne. Ponadto, AI może wspierać procesy podejmowania decyzji, dostarczając decydentom kompleksowe analizy i rekomendacje oparte na dużej ilości danych. Implementacja AI w zarządzaniu strategicznym przynosi liczne korzyści. Po pierwsze, umożliwia szybsze i bardziej precyzyjne analizy danych, co wspomaga procesy podejmowania decyzji. Po drugie, poprzez ciągłe uczenie się i adaptację do nowych informacji, systemy AI dostarczają aktualne i skuteczne informacje strategiczne. Ponadto, AI może pomagać w identyfikacji ukrytych wzorców i trendów, co stanowi klucz do tworzenia elastycznych strategii dostosowanych do zmieniającego się otoczenia biznesowego.

W obszarze zarządzania strategicznego wykorzystanie sztucznej inteligencji odgrywa kluczową rolę, umożliwiając lepsze zrozumienie otoczenia konkurencyjnego i skutkując tym samym bardziej efektywnym kształtowaniem oraz wdrażaniem strategii biznesowej. Pogłębiona analiza narzędzia Localo, będącego przykładem implementacji AI do metod analizy konkurencji, pozwala zgłębić praktyczne aspekty tego typu rozwiązań, które zyskują coraz większą popularność na rynku oprogramowania. To zjawisko ukazuje również skrócona forma przedstawionego w dalszej części opracowania przeglądu narzędzi.

Przegląd narzędzi wykorzystujących AI do analizy konkurencji na różnych poziomach zaawansowania

Na rynku i w literaturze przedmiotu opisanych jest wiele metod, technik i narzędzi IT, które służą stricte analizie konkurencji, czy szerzej procesom zarządzania strategicznego (Weinert, 2017). Od kilku lat w ramach tych narzędzi wykorzystuje się również wielkie zbiory danych, przyczyniając się do zwiększonych możliwości analitycznych, które znacząco postępują w przedsiębiorstwach (Weinert, 2016). Analizując najważniejsze w tym zakresie rankingi internetowe należy wskazać przydatność takich rozwiązań jak (https://sprout24.com):

- SEMrush to kompleksowe narzędzie SEO, które oferuje analizę konkurencyjności na rynku online. Pomaga użytkownikom w identyfikowaniu słów kluczowych, analizie trendów oraz monitorowaniu konkurencji ogólnie w całej przestrzeni cyfrowej;

- SpyFu to rozwiązanie, które skupia się na analizie konkurencji w dziedzinie marketingu internetowego. Pomaga analitykom w identyfikowaniu strategii konkurencji w zakresie kampanii reklamowych, słów kluczowych i szeroko rozumianej obecności firmy online;
- Ahrefs to narzędzie skoncentrowane na analizie linków i SEO. Pomaga w zrozumieniu struktury linków, identyfikowaniu nowych możliwości linkowania i analizie konkurencji w kontekście linków zwrotnych.

Analiza narzędzi występujących na rynku pozwoliła wskazać, że istnieją rozwiązania wykorzystujące już w pewnym zakresie sztuczną inteligencję. Są one używane stricte do analizy konkurencji, zarządzania strategicznego i wspomagania różnych aspektów działalności biznesowej (https://www.kompyte.com):

- Crayon to narzędzie analizy konkurencji, które wykorzystuje sztuczną inteligencję do śledzenia zmian w dziedzinie marketingu i przekazywania informacji na temat strategii konkurencji;
- Kompyte to narzędzie do monitorowania konkurencji, które korzysta z analizy tekstu i sztucznej inteligencji do śledzenia działań konkurencji w mediach społecznościowych, witrynach internetowych i innych kanałach;
- Klue to rozwiązanie, które pozwala łączyć wiedzę o rynku, konkurencji i kupujących w ramach ujednoliconej platformy opartej na sztucznej inteligencji. Rozbudowana platforma internetowa, zaliczana do rozwiązań Business Intelligence.

Z kolei przykładowe narzędzia do analizy stricte lokalnej konkurencji, które wspierana są przez AI w poszczególnych funkcjach i zakresach to (https://www.capterra.com; https://www.g2.com/):

- SEMrush, które oferuje również funkcję Local SEO, co pozwala monitorować widoczność lokalną firmy, analizować słowa kluczowe związane z lokalnym biznesem i śledzić działania konkurencji;
- Moz Local to narzędzie, które pomaga w zarządzaniu danymi lokalnymi, poprawiając jednocześnie widoczność lokalną w wyszukiwarkach;
- BrightLocal umożliwia monitorowanie pozycji w wynikach lokalnych, zbieranie opinii klientów, a także analizę konkurencji w obszarze lokalnym.

Z uwagi na istotę rozwiązań pozwalających analizować lokalną konkurencję, przestawiono w tabeli 1 porównanie zakresu możliwości tych narzędzi. Przedstawione w dalszej części opracowania studium przypadku zawiera wszystkie wymienione funkcje konkurencyjne. W tabeli wskazano również kolejnych konkurentów jakimi są narzędzia Yext, Whitespark, Synup oraz TribeLocal. Warto dodać, że każde z tych rozwiązań zawiera liczne artykuły ukazujące stosowanie poszczególnych funkcji, co wspomaga przedsiębiorstwa we wdrożeniu i korzystaniu z nich na co dzień. Co więcej twórcy tych rozwiązań prowadzą również interesujące badania w każdym z tych obszarów, co potwierdza się w raportach branżowych dotyczących skuteczności w zakresie lokalnego konkurowania i budowania widoczności firmy w Internecie. Ta szeroka gama informacji dostarcza przedsiębiorcom kompleksowej wiedzy, umożliwiając im efektywne zarządzanie i doskonalenie strategii konkurencyjnych na lokalnym rynku.

Tabela 1. Porównanie zakresu możliwości narzędzi do analizy lokalnej konkurencji

Wyszczególnienie	BrightLocal	Moz Local	Yext	Whitespark	Synup	Tribe Local
Sprawdzanie pozycji	X	X	-	X	X	X
Geo lokalizacja	X	-	-	-	-	-
Monitorowanie wyświetleń	X	X	X	X	X	-
Audyt wizytówki	X	-	-	-	-	-
Audyt SEO	X	-	-	-	-	-
Monitorowanie recenzji	X	X	X	-	X	X
Generowanie recenzji	X	-	X	X	X	X
Statystyki wzrostu	X	X	x	-	X	X
Analiza danych	X	X	-	-	X	X
Audyt linków	X	-	-	X	-	X
Raport White-label	X	-	X	X	X	X

Legenda: X (posiada funkcje); - (brak funkcji).
Źródło: https://www.brightlocal.com.

Kombinacja narzędzi do analizy lokalnej konkurencji oraz zarządzania wizytówką Google pozwala przedsiębiorstwom na skuteczne budowanie i utrzymanie silnej widoczności lokalnej. Regularne monitorowanie i aktualizowanie informacji, odpowiadanie na opinie klientów, pozwala na dostosowywanie bieżącej strategii działania w zależności od zmian w otoczeniu lokalnym. Na rynku tego typu rozwiązań w Polsce dominują przede wszystkim: PinMeTo (wyszukiwarka lokalna) (https://www.pinmeto.com/)[3], RankingCoach 360 (aplikacja marketingu cyfrowego małych przedsiębiorstw) (https://www.rankingcoach.com/), a także przywołane wcześniej już Localo (według przeprowadzonych wyszukiwań w wyszukiwarce Google). Każde z tych rozwiązań różni się swoim profilem, zakresem oraz nastawieniem na poszczególne funkcjonalności wspierające zarządzanie przedsiębiorstwem.

PinMeTo jest dedykowana dla firm z wieloma lokalizacjami, które polega domyślnie na posiadaniu wielu oddziałów, a więc i wizytówek w innym miastach. Autorzy polecają optymalizowanie swojego rankingu w różnych miejscach oraz utrzymywanie spójności marki na wszystkich platformach. Możliwości oprogramowania to publikowanie danych kontaktowych w ponad 1000 innych serwisach mapowych,

[3] Rozwiązanie, które zarządzane jest w kilku krajach. Swoje oddziały firma posiada w Malmö, Oslo, Helsinkach, Gdańsku, Lizbonie i Sztokholmie.

nawigacjach oraz wyszukiwarkach internetowych. Pewną wadą rozwiązania jest brak szczegółowego tłumaczenia na język polski, zarówno strony jak i rozwiązania, co na ten moment może odstraszać krajowych małych przedsiębiorców.

RankingCoach 360 to aplikacja służąca przede wszystkim do monitorowania widoczności firmy w Internecie. Zawiera możliwość audytu koncentrującego się na elementach związanych z SEO, reklamą Google, zarządzaniem reputacją marki, monitoringiem mediów, a także marketingiem lokalnym. Ciekawym rozwiązaniem aplikacji jest duża ilość podpowiedzi do poprawiania widoczności danej marki. Duży aspekt poświęca się również na zarządzanie ofertami lokalnych katalogów, co poprawia lokalne rankingi w Google, Bing i innych wyszukiwarkach. Narzędzie również pozwala na monitorowania działań konkurencji w zakresie tworzonych reklam, a także ruchu w poszczególnych obszarach jak między innymi pojawiające się recenzje od klientów.

Localo (wcześniej Surfer Local – https://ks.pl/) zalicza się do narzędzi biznesowych jako wszechstronny asystent, pomagając w zrozumieniu otoczenia konkurencyjnego. Jego rola w ułatwianiu procesów podejmowania decyzji staje się szczególnie kluczowa, zwłaszcza dla przedsiębiorstw z sektora mikro i małych firm, które opierają swoją działalność na lokalnym rynku. Narzędzie to reklamowane jest przede wszystkim jako rozwiązania służące do zarządzania wizytówką Google, wspomagane przez AI w kilku swoich zastosowaniach.

Aby wybrać aplikację do opracowania studium przypadku, testowano przez kwartał każde z narzędzi na przykładzie przedsiębiorstwa usługowego działającego w branży budowlanej i funkcjonującego w Polsce na terenie województwa wielkopolskiego. Autor wykorzystał wersje płatne narzędzi (w najszerszych pakietach), a więc posiadające najszerszy zakres możliwości funkcjonalnych. Bazując na materiałach firmowych oraz na doświadczeniu autora, wskazano najlepsze (co oznacza, najbardziej wszechstronne i zarazem skuteczne w poprawianiu widoczności lokalnej oraz analizie konkurencji) z nich do opisu w ramach poniższego studium przypadku.

Studium przypadku – narzędzie Localo

Zidentyfikowane w narzędziu funkcje wspierane sztuczną inteligencją to:

- Sprawdzanie widoczności – pozycja na mapach Google. Oznacza to automatyczne monitorowanie pozycji lokalnych i śledzenie rankingów firmy w wynikach wyszukiwania oraz raz dziennie w Mapach Google. Funkcja ta jest bardzo przydatna do podejmowania decyzji w zakresie bieżącej strategii konkurowania oraz sprawdzania efektów poszczególnych kampanii produktowych;
- Ochrona wizytówki Google (przed wrogimi zmianami konkurencji). Nieuczciwa konkurencja może zmienić nazwę każdej wizytówki firmy w Google, godziny otwarcia danego punktu lub oznaczyć firmę jako zamkniętą. Ochrona profilu gwarantuje bezpieczeństwo realizowanej strategii;
- Otrzymywanie cotygodniowej listy działań, mających na celu poprawę widoczności. Lista działań wspiera dokonania początkujących użytkowników oraz pozwala na bieżąco przypominać o koniecznych do wykonania czynnościach;

- Sprawdzanie pozycji i monitoring;
- AI do skuteczniejszych działań marketingowych, pozwala to na szybkie pisanie postów oraz generowanie odpowiedzi na recenzje od klientów (zautomatyzowane dzięki chatbotowi);
- Planowanie publikacji postów na miesiąc do przodu (narzędzie pozwala publikować informacyjne posty w wizytówce Google z aplikacji Localo lub zaplanować je na późniejszy czas, aby poprawić swoją pozycję z uwagi na wzrost działań konkurencji);
- Statystyki wzrostu (można śledzić wzrost widoczności i sprawdzać, jakie wyniki osiąga na bieżąco profil. Do głównych z nich należy zaliczyć wyświetlenia profilu i interakcje z klientami, jak liczba wykonanych połączeń czy wysłanych wiadomości;
- Identyfikacja branżowych katalogów biznesowych (tzw. wizytówki NAP – name, adress, phone) – dzięki tej funkcji można uzyskać kontrolę nad swoimi lokalnymi listami firm, aby nie dezorientować klientów swoją obecnością na innych stronach.

Wnioski z badania

Localo z całą pewnością skraca czas pracy nad profilami firmy w Google. W pracy przez 3 miesiące wykorzystując narzędzie była to znacznie większa oszczędność czasu niż jaką wskazują na stronie internetowej jego twórcy. Pakiet na cały zakres funkcji wydłużono, a rozwiązanie to stało się podstawowym narzędziem do analizowania lokalnej konkurencji i bieżącego zarządzania profilem w Google. Warto dodać, że w Localo specjalny algorytm oparty na AI bada wszystko, co pomaga podnosić pozycję firmy w rankingu Google. Szczególne znaczenie ma algorytm sprawdzający kiedy warto zamieścić nowe zdjęcia w profilu na podstawie badania zdjęć dodawanych przez konkurencję, co pozwala w konsekwencji być na bieżąco przed konkurencją lub przyczynić się do zmiany danej strategii. Z punktu widzenia prowadzenia mikro przedsiębiorstwa istotne jest również to, że stosowanie tego typu narzędzi pozwala na naukę marketingu lokalnego, przeprowadzając krok po kroku skuteczną optymalizację swojego biznesu. Narzędzi posiada kilka wad, które jednak na tle rozwiązań konkurencyjnych nie mają jeszcze negatywnego wpływu na ocenę rozwiązania. Podczas testów wykryto błąd powstający przy funkcji generowania najlepszych katalogów z wpisami firmy, co jednak po niezwłocznym zgłoszeniu na helpdesku, zostało przez dział obsługi Klienta naprawione, a w ramach współpracy przekazano interesujący materiał analityczny, który nie był przekazywany w ramach wykupionego pakietu. Użycie narzędzia pozwoliło podnieść pozycję w rankingu na poszczególne słowa kluczowe: 1) z 16 na 10; 2) z 17 na 12; 3) z 25 na 11; 4) z 12 na 5; 5) z 13 na 11; 6) z 21 na 19; 7) z 8 na 2); z 37 na 9[4].Nie wszystkie zaprezentowanie wzrosty pozycji są zadawalające.

[4] Z uwagi na kluczową rolę słów użytych w monitorowaniu konkurencji, które przysługują się do budowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa w badaniu, nie ujawniono ich w opracowaniu. Przywołane wyniki mają charakter zapoznawczy czytelnika z możliwościami narzędzia.

Należy jednak zaznaczyć, że postęp ten dokonano zaledwie w jeden kwartał zarządzania wizytówką Google.

Podsumowanie

Poprzez zgłębianie konkretnych przypadków zastosowania AI, a także dzięki szczegółowej analizie wykorzystania możliwości narzędzia Localo, artykuł ten ma przyczynić się do kompleksowego spojrzenia na rolę AI w dzisiejszym podejściu do analizy strategicznej, szerzej zarządzania strategicznego. Rozważania dotyczące wprowadzania tego typu rozwiązań w mikro i małych przedsiębiorstwach wydają się zasadne, ale i konieczne, aby nie pozwolić na "ucieczkę konkurencji". Co więcej, istnieją branże, które nie są powszechnie zaawansowane w zakresie stosowania narzędzi IT w zarządzaniu, więc dla wielu przedsiębiorców może się to przyczynić na tym etapie do zbudowania chwilowej przewagi konkurencyjnej. Autor zamierza kontynuować badania jak i praktyczne zastosowanie przedstawionych narzędzi, aby móc wyciągać kolejne wnioski, przyczyniając się jednocześnie do rozwoju zaawansowanej analizy konkurencji w literaturze przedmiotu oraz praktyce gospodarczej.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Ayinde, L., Wibowo, M. P., Ravuri, B., Emdad, F. B. (2023). ChatGPT as an important tool in organizational management: A review of the literature. *Business Information Review*, *40*(3), 137-149, https://doi.org/10.1177/02663821231187991.
2) Jusman, I. A., Ausat, A. M. A., Sumarna, A. (2023). Application of ChatGPT in Business Management and Strategic Decision Making. *Jurnal Minfo Polgan*, *12*(2), 1688-1697. https://doi.org/10.33395/jmp.v12i2.12956.
3) Młody, M., Weinert, A. (2020). *The importance of technological anxiety for the digital transformation of industrial processing companies in Poland*. W: A. Michałkiewicz, W. Mierzejewska (red.), *Contemporary organisation and management. Challenges and trends. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego*. http://doi.org/10.18778/8220-333-2.01.
4) Stone, M., Aravopoulou, E., Ekinci, Y., Evans, G., Hobbs, M., Labib, A., Machtynger, L. (2020). Artificial intelligence (AI) in strategic marketing decision-making: a research agenda. *The Bottom Line*, 33(2), 183-200. https://doi.org/10.1108/BL-03-2020-0022.
5) Suklun, H. (2021). Artificial intelligence and strategic management. *Perspectives of AI: Past, Present, Future*, 77-106.
6) Urbanowska-Sojkin, E. (2021). *Sprawność przedsiębiorstw w warunkach niepewności. Teoria i praktyka*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
7) Urbanowska-Sojkin, E., Weinert, A. (2019). Wykorzystanie systemów IT w informacyjnym wspomaganiu wyborów strategicznych w przedsiębiorstwach działających w różnych sektorach. *Przegląd Organizacji*, (4), 58-67. https://doi.org/10.33141/po.2019.04.09.

8) Urbanowska-Sojkin, E., Weinert, A. (2020). *Otwarte formułowanie strategii z wykorzystaniem kolektywnej inteligencji przedsiębiorstwa*. W: G. Urbanek, S. Gregorczyk (red.), *Zarządzanie strategiczne w dobie cyfrowej gospodarki sieciowej*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. http://doi.org/10.18778/8220-335-6.02.
9) Weinert, A. (2016). Wykorzystanie rozwiązań big data w zarządzaniu przedsiębiorstwem. *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie*, *43*(3), 91-100. http://doi.org/10.12775/AUNC_ZARZ.2016.032.
10) Weinert, A. (2017). Kierunki badawcze w kontekście zastosowania narzędzi w zarządzaniu (strategicznym) przedsiębiorstwem. *Handel Wewnętrzny*, *368*(3/2), 146-156.
11) Weinert, A. (2018). *Zaawansowanie przedsiębiorstw w zakresie informacyjnego wspomagania wyborów strategicznych*. Poznań: Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu.
12) Weinert, A. (2019). Otwartość strategiczna przedsiębiorstw a systemy IT wspomagające zarządzanie. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów*, (175), 213-228. https://doi.org/10.33119/SIP.2019.175.16.

Źródła internetowe

1) https://ks.pl/blog/jak-optymalizowac-profile-google-moja-firma-w-surferlocal# (dostęp: 02.12.2023).
2) https://pl.localo.com/funkcje/monitorowanie-pozycji-w-google (dostęp: 02.12.2023).
3) https://sprout24.com/ahrefs-vs-spyfu-vs-semrush/ (dostęp: 02.12.2023).
4) https://www.g2.com/compare/brightlocal-vs-semrush (dostęp: 02.12.2023).
5) https://www.kompyte.com/kompyte-klue-crayon-comparison (dostęp: 02.12.2023).
6) Marr, B. (2019). *How to develop an artificial intelligence strategy: 9 things every business must include*. Pobrane z: https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/03/19/how-to-develop-anartificial-intelligence-strategy-9-things-every-business-mustinclude/#246e417b8360 (dostęp: 16.07.2024).

Piotr Wilczek[1]
Computer Laboratory

Nowe metody komputerowej analizy sygnałów biomedycznych

Streszczenie

W niniejszej pracy zaproponowano dwie nowe funkcje odległości temporalnej, których efektywność w klasyfikowaniu medycznie istotnych szeregów czasowych została empirycznie przetestowana. Algorytmy oparte na nowo zaproponowanych funkcjach zostały porównane z algorytmami opartymi na klasycznych miarach *Lp* i *DTW*, jak również na ich ulepszeniach. Porównanie wykazało, że w prawie wszystkich przypadkach nasze techniki przewyższają lub znacznie przewyższają metody referencyjne. W związku z tym można stwierdzić, że wprowadzenie nowych miar temporalnych jest uzasadnione.

Słowa kluczowe: biosygnały, szeregi czasowe, faktoryzacja macierzy na wartości własne i wektory własne, temporalne funkcje odległości, metryki, miara *DTW*, klasyfikator jednego najbliższego sąsiada

Abstract

In the present contribution, we proposed two novel temporal distance functions whose effectiveness in classifying medically significant time series data was empirically tested. The algorithms based on the newly developed functions were juxtaposed with the algorithms based on the classical *Lp* and *DTW* measures as well as their refinements. These comparisons showcased that in almost all cases our techniques outperform or overwhelmingly outperform the reference methods. Therefore, it can be asserted that the introduction of the novel temporal distance measures is justified.

Keywords: biosignals, time series, matrix eigendecomposition, temporal distance functions, metrics, *DTW* measure, 1-nearest neighbor classifier

Wstęp

W diagnostyce medycznej, ważną grupę sygnałów biomedycznych stanowią *biopotencjały*. We współczesnej medycynie, metoda *elektrokardiografii* (EKG) jest najpowszechniej stosowaną metodą analizy medycznie ważnych biosygnałów (Kuniszyk-Jóźkowiak, 2011). Innym typem rozpatrywanego w poniższej pracy biosygnału diagnostycznego są *krzywe topnienia*, czyli *krzywe denaturacji* dwuniciowego kwasu DNA (tj. dsDNA). Proces *topnienia* (tj. *denaturacji*) makromolekuły dsDNA polega na separacji nici DNA na dwie pojedyncze nici wskutek zerwania wiązań wodorowych oraz zaniku otoczki hydratacyjnej. Jedną z technik laboratoryjnych pozwalającą na wykorzystanie denaturacji dsDNA w celu identyfikacji patogenów jest *Wysokorozdzielcza Analiza Topnienia* (ang. *High-Resolution Melting*

[1] mgr, ORCID 0000-0003-2758-343X, e-mail: piotr.wilczek.net@onet.pl

(HRM) analysis) (Lu i in., 2017). Metoda HRM polega na śledzeniu stopnia denaturacji podwójnych łańcuchów analizowanego dsDNA w funkcji temperatury za pomocą zmian w intensywności fluorescencji. Technika HRM to bardzo skuteczna metoda umożliwiająca wykrywanie mutacji, polimorfizmu oraz epigenetycznych różnic w próbkach dsDNA (Lu i in., 2017).

Prezentowana praca ma na celu zaproponowanie nowych algorytmów komputerowej analizy sygnałów biomedycznych (tj. EKG oraz HRM) w oparciu o (spektralne) -obcięte miary odległości pomiędzy szeregami czasowymi reprezentującymi owe sygnały. W drugim podrozdziale zostanie przypomniana terminologia dotycząca metod analiz szeregów czasowych oraz zaproponowane zostaną nowe techniki umożliwiająca efektywną klasyfikację rozpatrywanych biosygnałów. Podrozdział trzeci przedstawia przykładowe zbiory danych EKG oraz HRM oraz wyszczególnia narzędzia informatyczne użyte w pracy. Z kolei podrozdział czwarty zawiera wyniki symulacji komputerowych i dyskusję. Wnioski końcowe zawarte są w podrozdziale piątym.

Nowy spektralny algorytm analizy szeregów czasowych

Sygnałem nazywa się zmianę jednej (lub kilku) wielkości w zależności od zmian innej wielkości. W szerokim użyciu jest zastosowanie pojęcia sygnału do zmian pewnych wielkości fizycznych w funkcji czasu. Taki sygnał nazywa się szeregiem czasowym. Przypomnijmy, iż szereg czasowy to ciąg pomiarów (obserwacji) uporządkowany w czasie (lub w przestrzeni). W poniższej pracy przyjmujemy, iż zmienna niezależna (tj. zmienna czasowa) jest dyskretna. A więc, z formalnego punktu widzenia, szereg czasowy T to ciąg par o postaci (Shifaz i in., 2023):

$$T=[(t_1, x_1), (t_2, x_2), \ldots (t_i, x_i), \ldots (t_n, x_n) \text{ dla } t_1 < t_2 < \ldots < t_i < \ldots t_n$$

dla oraz dla zbioru indeksów $I=\{1, 2, \ldots i, \ldots n\}$ gdzie każdy wyraz x_i to wynik pomiaru (obserwacji) zmiennej zależnej w d-wymiarowej przestrzeni cech (ang. *feature space*) oraz każdy element t_i to punkt (krok) czasowy (ang. *timestamp*) w którym dany pomiar (dana obserwacja) został zarejestrowany. W poniższej pracy przyjmujemy, iż $d = 1$ dla każdego z rozpatrywanych szeregów czasowych. A więc, wszystkie dane temporalne analizowane w poniższej pracy są jednowymiarowe (ang. *univariate*). Ponadto przyjmujemy, iż punkty czasowe t_i wszystkich rozpatrywanych danych temporalnych są równomiernie rozmieszczone, a więc każdy badany szereg czasowy jest *regularny*. Liczba zarejestrowanych pomiarów (obserwacji), (n), to długość szeregu T. Dla $k \leq n$, szereg czasowy obcięty (ograniczony) do swoich k-pierwszych wyrazów oznaczony jest jako $T \restriction k$. W poniższej pracy, podstawowa jednostka naszych analiz to prostokątny $m \times (n+1)$ temporalny zbiór danych (***TD***). Formalnie, ***TD*** to kolekcja ***T*** ułożonych równolegle szeregów czasowych z których każdy ma długość n, a cała kolekcja ***T*** składa się z m takich szeregów razem z określonym (ang. *predefined*) dyskretnym wektorem[2] etykiet ***C*** o długości m, a więc $\boldsymbol{T} = \{T_g\}_{g=1}^{m}$ oraz $|\boldsymbol{C}| = m$. Wektor ***C*** stanowi ostatnią (tj. $n + 1$) kolumnę temporalnego zbioru danych ***TD***.

[2] Z matematycznego punktu widzenia wektor to multizbiór. Liczba klas równoważności elementów wektora oznaczana jest przez .

Wiersze obiektu $\boldsymbol{TD}$ są indeksowane zbiorem $J = \{1, 2, \dots, g, \dots, m\}$ natomiast jego kolumny zbiorem $I^* = \{1, 2, \dots, i, \dots, n, (n+1)\}$. Podsumowując, temporalny zbiór danych $\boldsymbol{TD}$ to struktura o postaci $\boldsymbol{TD} = (\boldsymbol{T}, \boldsymbol{C}) = \left(T_g, C^{T_g}\right)$, gdzie $T_g \in \boldsymbol{T}$ to g-ty szereg czasowy, natomiast $C^{T_g} \in \boldsymbol{C}$ to jego etykieta. W poniższej pracy przyjmujemy, iż dwie etykiety $C^{T_g}, C^{T_h} \in \boldsymbol{C}$ są równoważne ($\cong$) wtedy i tylko wtedy gdy są identyczne, tj. $C^{T_g} \cong C^{T_h} \leftrightarrow C^{T_g} = C^{T_h}$, gdzie $\leftrightarrow$ to logiczny spójnik równoważności międzyzdaniowej. Temporalny zbiór danych bez ostatniej kolumny, tj. bez wektora etykiet $\boldsymbol{C}$ to kwadratowa $m \times n$ temporalna macierz danych (TM).

Przykład 1. Przykładowy temporalny zbiór danych $\boldsymbol{TD}$ o wymiarach 5 × (6 + 1) składa się z pięciu (m=5) ułożonych równolegle szeregów czasowych z których każdy ma długość n=6; szeregi te to: T_1 = (35,22,6,47,3,60), T_2=(20,18,6,31,55,1), T_3=(8,79,0,2,16,36), T_4=(10,0,100,15,28,31), T_5=(3,4,12,11,8,99). Są one etykietowane multizbiorem o postaci $\boldsymbol{C}$={*A, A, B, C, C*} , gdzie $|\boldsymbol{C}| = 5$ oraz (tj. wektor $\boldsymbol{C}$ składa się z dwóch dwuelementowych klas równoważności A i C oraz z jednej jednoelementowej klasy równoważności B; a więc $C^{T_1} \cong C^{T_2}$ oraz $C^{T_4} \cong C^{T_5}$, ponieważ $C^{T_1} = C^{T_2} = A$ i $C^{T_4} \cong C^{T_5} = C$ oraz $C^{T_3} \cong C^{T_3}$, ponieważ $C^{T_3} = B$). Temporalna macierz danych TM, a więc struktura $\boldsymbol{TD}$ bez kolumny $\boldsymbol{C}$ ma wymiary 5 ×6. Jej wiersze stanowią szeregi czasowe będące elementami kolekcji $\boldsymbol{T} = \{T_g\}_{g=1}^{5}$

$$\boldsymbol{TD} = \begin{bmatrix} & t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 & t_6 & \boldsymbol{C} \\ T_1 & 35 & 22 & 6 & 47 & 3 & 60 & A \\ T_2 & 20 & 18 & 6 & 31 & 55 & 1 & A \\ T_3 & 8 & 79 & 0 & 2 & 16 & 36 & B \\ T_4 & 10 & 0 & 100 & 15 & 28 & 31 & C \\ T_5 & 3 & 4 & 12 & 11 & 8 & 99 & C \end{bmatrix}$$

Przypomnijmy, iż jednym z głównych zadań temporalnej analizy danych jest opracowanie ilościowych miar odległości pomiędzy dwoma szeregami czasowymi, przy czym pożądaną cechą charakteryzującą owe miary powinna być ich zdolność do odzwierciedlania rzeczywistej odległości pomiędzy ciągami pomiarów (obserwacji), które te szeregi reprezentują. Celem poniższego studium jest opracowanie nowej, *spektralnej* (tj. opartej o *wektory własne* tzw. produktowej macierzy temporalnej), *kontekstowo-zależnej* (ang. *context-dependent*)[3] temporalnej miary odległości. Jej wydajność w zadaniach klasyfikacyjnych spotykanych na terenie analizy danych czasowych będzie testowana w podrozdziale czwartym.

Proponowany kontekstowo-czuły algorytm obliczania odległości pomiędzy dwoma szeregami czasowymi (tj. dwoma wierszami temporalnej macierzy danych) oparty jest na następujących krokach:

1/ **W kroku pierwszym**, temporalna macierz danych TM o wymiarach $m \times n$ jest mnożona (ang. *post-multiplied*) przez swoją formę transponowaną TM^T o wymiarach $n \times m$. Rezultatem tego kroku jest nowa macierz kwadratowa o wymiarach $m \times m$, tzw. temporalna macierz produktowa (TP), tj.

[3] Równoważnie określanej jako *kontekstowo-czułej* (ang. *context-sensitive*).

$$TP: = TM \times TM^T \qquad (1)$$

Krok ten zilustrowany jest w Przykładzie nr 2.

Przykład 2. Mnożenie macierzy *TM* z Przykładu 1 przez jej formę transponowaną TM^T. Otrzymano nową macierz produktową .

$$TM \times TM^T = TP = \begin{bmatrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 7563 & 2814 & 4320 & 3599 & 6746 \\ 2 & 2814 & 4747 & 2560 & 2836 & 1084 \\ 3 & 4320 & 2560 & 7861 & 1674 & 4054 \\ 4 & 3599 & 2836 & 1674 & 12070 & 4688 \\ 5 & 6746 & 1084 & 4054 & 4688 & 10155 \end{bmatrix}$$

2/ *W kroku drugim*, temporalna macierz produktowa *TP* jest *faktoryzowana* (ang. *factorized*) według zależności (Bloomfield, 2014):

$$TP \coloneqq Q * E * Q^{-1} \qquad (2)$$

gdzie Q to kwadratowa macierz o wymiarach *m*×*m*, której *g*-ta kolumna to *g*-ty wektor własny (q_g) macierzy produktowej, natomiast E to macierz diagonalna, której wyrazy diagonalne to wartości własne macierzy (1), tj. $E_{g,g} = e_g$, gdzie e_g to *g*-ta wartość własna macierzy produktowej. W poniższej pracy, liniowo niezależne wektory kolumnowe $\{q_1, q_2, \cdots, q_g, \cdots, q_m\}$ macierzy Q są znormalizowane, chociaż w ogólnym przypadku nie muszą być. Wiersze kwadratowej *m* ×*m* macierzy Q są indeksowane tym samym zbiorem *J* co wiersze temporalnej macierzy danych *TM* i są one *funkcjonalnymi surogatami spektralnymi* szeregów czasowych, które konstytuują wiersze prostokątnej *m* × *n* macierzy *TM*. Kolekcję funkcjonalnych surogatów spektralnych szeregów czasowych tworzących kolekcję $\boldsymbol{T} = \{T_g\}_{g=1}^{m}$ oznaczono jako $\boldsymbol{T}^* = \{T_g^*\}_{g=1}^{m}$. Długość funkcjonalnego surogatu spektralnego T_g^*szeregu czasowego T_g o długości *n* wynosi *m* i jest ona zależna od mocy temporalnego zbioru danych ***TD***, którego elementem jest szereg T_g. Przykład nr 3 przedstawia wyżej opisany etap.

Przykład 3. Temporalna macierz produktowa (1) z Przykładu 2 jest faktoryzowana według zależności (2) i otrzymano macierz :

$$Q = \begin{bmatrix} & q_1 & q_2 & q_3 & q_4 & q_5 \\ T_1^* & -0.49 & 0.26 & 0.07 & -0.48 & 0.67 \\ T_2^* & -0.23 & -0.04 & -0.61 & -0.56 & -0.5 \\ T_3^* & -0.37 & 0.46 & -0.5 & 0.63 & 0.05 \\ T_4^* & -0.5 & -0.82 & -0.08 & 0.24 & 0.13 \\ T_5^* & -0.56 & 0.21 & 0.6 & 0.03 & -0.53 \end{bmatrix}$$

Wiersze T_1^*, T_2^*, T_3^*, T_4^* oraz T_5^* macierzy Q to, odpowiednio, funkcjonalne surogaty spektralne szeregów czasowych T_1, T_2, T_3, T_4 oraz T_5. Ich długość wynosi *m*.

3/ **W kroku trzecim** przyjęto następującą terminologię: każda temporalna[4] funkcja odległości *DF* działająca na wiersze (ang. *in a row-wise manner*) wejściowej $m \times n$ macierzy *TM* lub jej $m \times i$ (gdzie $i \leq n$) podmacierzy to, odpowiednio, zwykła temporalna miara odległości (*F*) lub zwykła *k*-obcięta temporalna miara odległości (k – *F*). W drugim przypadku, parametr k przebiega podzbiór I_i zbioru I o postaci: $I_i = \{1, 2, \ldots, i\} \subseteq I$. Z kolei, każda temporalna funkcja odległości *DF* działająca na wiersze kwadratowej $m \times m$ macierzy *Q* wektorów własnych struktury produktowej *TP* lub jej $m \times g$ (gdzie $g \leq m$) podmacierzy to, odpowiednio, spektralna (tj. oparta na wektorach własnych) temporalna miara odległości (evF) lub spektralna (tj. oparta na wektorach własnych) *k*-obcięta temporalna miara odległości ($k - evF$). W drugim przypadku, parametr k przebiega podzbiór J_g zbioru J o postaci: $J_g = \{1, 2, \ldots, g\} \subseteq J$. Wynikiem działania każdej z zaproponowanych funkcji temporalnych $F, k - F, evF, k - evF$ jest kwadratowa $m \times m$ macierz odległości temporalnych TDM_{DF} (gdzie $DF \in \{F, k - F, evF, k - evF\}$), której wyraz $TDM_{DF}[g, h]$ jest równy odległości pomiędzy szeregami czasowymi T_g oraz T_h. Z powyższych rozważań wynikają następujące tożsamości:

$$F(T_g, T_h) := DF(T_g, T_h) \tag{3}$$

$$k - F(T_g, T_h) := DF(T_g \restriction k, T_h \restriction k) \tag{4}$$

$$evF(T_g, T_h) := DF(T_g^*, T_h^*) \tag{5}$$

oraz

$$k - evF(T_g, T_h) := DF(T_g^* \restriction k, T_h^* \restriction k) \tag{6}$$

gdzie *DF* to funkcja temporalna, $T_g, T_h \in \boldsymbol{T}$, $T_g^*, T_h^* \in \boldsymbol{T}^*$, natomiast $T_g \restriction k$ i $T_h \restriction k$ to szeregi T_g, T_h obcięte do swoich *k*-pierwszych wyrazów (dla $k \leq n$) oraz $T_g^* \restriction k$ i $T_h^* \restriction k$ to funkcjonalne surogaty spektralne obcięte do swoich *k*-pierwszych wyrazów (dla $k \leq m$). Wartości parametru *k*, dla których funkcje k – *F* oraz ($k - evF$) osiągają maksimum efektywności (tzn. wartości *k* są optymalne) oznaczone zostały przez k_{opt}, a same funkcje przez k_{opt} – *F* oraz $k_{opt} - evF$.

Rozpatrując szeregi czasowe jako realizacje pewnych procesów stochastycznych generowanych przez określone modele statystyczne można przyjąć założenie, iż dane pomiarowe uporządkowane w czasie, a więc pary (t_i, x_i) nie są niezależne. Dlatego też, na przykład, pomiar biosygnału x_i zarejestrowany w teraźniejszym punkcie czasowym t_i, czyli para (t_i, x_i) razem z pomiarami przeszłymi (t_{i-1}, x_{i-1}), (t_{i-2}, x_{i-2}), (t_{i-3}, x_{i-3})... mogą być użyte do prognozowania przyszłych pomiarów, tj. par (t_{i+1}, x_{i+1}), (t_{i+2}, x_{i+2}), (t_{i+3}, x_{i+3})... (Box, Jenkins, 1983). Można więc przypuszczać, iż analogiczne rozumowanie uprawnia do rozpatrywania funkcji *k*-obciętych o postaci danej zależnością (4), ponieważ większość informacji strukturalnych charakteryzujących dany szereg temporalny powinna być zakodowana w jego *k*-pierwszych wyrazach. Dlatego też odległość temporalna obliczona za pomocą zależności

[4] Przez pojęcie temporalnej funkcji odległości rozumie się funkcję odległości pomiędzy szeregami czasowymi, tj. wierszami macierzy .

(4) powinna odzwierciedlać rzeczywiste odległości pomiędzy danymi czasowymi w sposób porównywalny lub bardziej adekwatny niż odległość obliczona za pomocą klasycznych miar typu (3). Tak jak E. Keogh oraz M. Pazzani (2001) lub T. Górecki oraz M. Łuczak (2013, 2015) przyjęli założenie, iż rzeczywista odległość pomiędzy szeregami temporalnymi może być reprezentowana za pomocą odległości pomiędzy pierwszymi dyskretnymi pochodnymi owych szeregów, tak w niniejszej pracy przyjęto założenie, iż rzeczywista odległość pomiędzy analizowanymi szeregami czasowymi może być reprezentowana za pomocą odległości pomiędzy ich funkcjonalnymi surogatami spektralnymi. Natomiast z algebraicznych własności konstrukcji macierzy (1) oraz własności jej faktoryzacji (2) można przypuszczać, iż większa część informacji strukturalnej charakteryzującej szeregi czasowe konstytuujące wiersze temporalnej macierzy danych *TM* jest zakodowana w kilku lub kilkunastu pierwszych wyrazach funkcjonalnych surogatów spektralnych owych szeregów. Dlatego też należy przypuszczać, iż rozpatrywanie temporalnych funkcji odległości o postaci (5) oraz (6) wydaje się być celowe w ramach temporalnej analizy danych czasowych.

Można przypuszczać również, iż porównując dwa typy parametrów k, tj. k^I oraz k^J, gdzie symbol k^I oznacza, iż parametr przebiega zbiór indeksów I (a więc jest parametrem funkcji $k - F$), natomiast symbol k^J oznacza, iż parametr przebiega zbiór indeksów J (a więc jest parametrem funkcji $k - evF$) otrzymuje się następującą zależność: $min(k_{opt}^I) >_{\%} min(k_{opt}^J)$, gdzie symbole $min(k_{opt}^I)$ oraz $min(k_{opt}^J)$oznaczają minimalne wartości (odpowiednio) parametrów k_{opt}^I oraz k_{opt}^J, natomiast symbol $>_{\%}$ oznacza, iż nierówność > określona jest na skali procentowej.

4/ **Krok czwarty** to wybór odpowiedniej funkcji wejściowej *DF*. Zauważmy, iż wyżej zaprezentowany algorytm może być zaimplementowany z dowolną funkcją temporalną której argumenty to *równej długości* jednowymiarowe szeregi czasowe. Niemniej jednak jego walidacja przeprowadzona w podrozdziale czwartym naszego studium oparta jest na implementacji testowanego algorytmu z czterema klasycznymi metrykami L_p, czyli metrykami, wyrażonymi przez następującą ogólną formułę:

$$Lp(V_g, V_h) \coloneqq \sqrt[p]{\sum_{s=1}^{w} [V_g(s) - V_h(s)]^p} \tag{7}$$

gdzie wektor $V \in \{V_g, V_h\}$ jest indeksowany zborem $\{1, 2, \dots, s, \dots, w\}$. Symulacje komputerowe zawarte w przedkładanej pracy przeprowadzane są dla parametru p=1, 2, 3 oraz ∞, a więc, dla następujących funkcji metrycznych (Górecki, Piasecki, 2019):

$$L1(V_g, V_h) \coloneqq \sum_{s=1}^{w} |V_g(s) - V_h(s)| \tag{8}$$

$$L2(V_g, V_h) \coloneqq \sqrt{\sum_{s=1}^{w} [V_g(s) - V_h(s)]^2} \tag{9}$$

oraz

$$L3(V_g, V_h) \coloneqq \sqrt[3]{\sum_{s=1}^{w} \left[V_g(s) - V_h(s)\right]^3} \tag{10}$$

oraz .

$$Lmax(V_g, V_h) \coloneqq \max_s \left\{\left|V_g(s) - V_h(s)\right|\right\} \tag{11}$$

gdzie $V_g \in \{T_g, T_g \restriction k, T_g^*, T_g^* \restriction k\}$ oraz $V_h \in \{T_h, T_h \restriction k, T_h^*, T_h^* \restriction k\}$ [5].

Przykład 4. Aby zaprezentować procedurę obliczania macierzy odległości dla analizowanych szeregów czasowych, obliczona została funkcja 3 – *L2* oraz $3 - evL2$ dla szeregów czasowych z Przykładu 1. Można zauważyć, iż funkcja 3 – *L2* to zwykła odległość Euklidesowa obliczona dla 5 ×3 podmacierzy *TM** macierzy wejściowej *TM*. Wiersze podmacierzy *TM** są tak samo indeksowane jak wiersze podmacierzy *TM*, natomiast wśród kolumn podmacierzy *TM** są tylko kolumny t_1, t_2 oraz t_3 macierzy *TM*. Z kolei, funkcja $3 - evL2$ to zwykła metryka Euklidesowa obliczona dla 5 ×3 podmacierzy *Q** macierzy wektorów własnych *Q* z Przykładu 3. Wiersze podmacierzy *Q** są tak samo indeksowane jak wiersze macierzy *Q*, natomiast wśród kolumn podmacierzy *Q** są tylko kolumny q_1, q_2 oraz q_3 . W obu przypadkach, rezultatami działania funkcji *3 – L2* oraz $3 - evL2$ są, odpowiednio, kwadratowe 5×5 macierze odległości TDM_{3-L2} oraz TDM_{3-evL2}. Są to macierze:

$$TDM_{3-L2} = \begin{bmatrix} & T_1 & T_2 & T_3 & T_4 & T_5 \\ T_1 & 0 & 15.52 & 63.36 & 99.72 & 37.2 \\ T_2 & 15.52 & 0 & 62.46 & 96.23 & 22.83 \\ T_3 & 63.36 & 62.46 & 0 & 127.46 & 76.12 \\ T_4 & 99.72 & 96.23 & 127.46 & 0 & 88.37 \\ T_5 & 37.2 & 22.83 & 76.12 & 88.37 & 0 \end{bmatrix}$$

oraz

$$TDM_{3-evL2} = \begin{bmatrix} & T_1 & T_2 & T_3 & T_4 & T_5 \\ T_1 & 0 & 0.79 & 0.62 & 1.09 & 0.54 \\ T_2 & 0.79 & 0 & 0.54 & 0.98 & 1.28 \\ T_3 & 0.62 & 0.54 & 0 & 1.36 & 1.15 \\ T_4 & 1.09 & 0.98 & 1.36 & 0 & 1.23 \\ T_5 & 0.54 & 1.28 & 1.15 & 1.23 & 0 \end{bmatrix}$$

Nowa spektralna miara odległości temporalnych jest kontekstowo-czuła, co oznacza, iż odległość temporalna pomiędzy dwoma szeregami czasowymi

[5] Oczywiście, szeregi czasowe (lub ich obcięcia) są indeksowane zbiorem *I* (lub podzbiorem zbioru *I*), a funkcjonalne surogaty spektralne (lub ich obcięcia) są indeksowane zbiorem *J* (lub jego podzbiorem). Mianowicie, *i*-ty wyraz szeregu *T* zapisujemy jako *T*(*i*), a *g*-ty wyraz funkcjonalnego surogatu spektralnego *T** jako *T**(*g*).

$T_g, T_h \in \boldsymbol{T}$ jest zależna od otoczenia w którym owe szeregi się znajdują, a więc od pozostałych *m – 2* elementów kolekcji $\boldsymbol{T}$, gdzie *m* to moc temporalnego zbioru danych ***TD***. Z powyższego wynika, iż tylko dla dwuelementowej kolekcji $\boldsymbol{T}$ i odpowiadającej jej dwuwierszowej macierzy *TM*, spektralna miara temporalna nie jest kontekstowo zależna. W kolejnym kroku prześledzono powyższą zależność na Przykładzie 5.

Przykład 5. Rozpatrzone zostały te same funkcje odległości co w Przykładzie 4, tzn. *3 – L2* oraz $3 - evL2$ lecz określone teraz na '*nowej*' macierzy temporalnej TM' powstałej z wejściowej '*starej*' macierzy *TM* poprzez wymazanie wierszy T_4 oraz T_5. A więc, jej wiersze stanowią szeregi czasowe będące elementami kolekcji $\boldsymbol{T}' = \{T'_g\}_{g=1}^{3}$. Przy czym, kolekcja $\boldsymbol{T}'$ powstała z kolekcji *T* poprzez usunięcie z niej szeregów czasowych T_4 oraz T_5. Przyjęto następującą notację: $T'_g \in \boldsymbol{T}' \leftrightarrow T_g \in \boldsymbol{T}$ dla *g*=1, 2 oraz 3. Z powyższego wynika, iż szeregi T_g oraz T'_g mają identyczne wyrazy, lecz różnią się tylko otoczeniem (tzn. kontekstem) w którym występują, ponieważ są elementami różnych kolekcji. '*Nowa*' macierz powstała w rezultacie faktoryzacji (2), tzn. ma teraz postać:

$$Q' = \begin{bmatrix} & q'_1 & q'_2 & q'_3 \\ T'^*_1 & -0.65 & 0.48 & 0.59 \\ T'^*_2 & -0.39 & 0.46 & -0.8 \\ T'^*_3 & -0.65 & -0.75 & -0.11 \end{bmatrix}$$

Jej wiersze T'^*_1, T'^*_2, oraz T'^*_3 to, odpowiednio, '*nowe*' funkcjonalne surogaty spektralne szeregów czasowych T_1, T_2 oraz T_3. Ich długość wynosi *m* – 2, ponieważ dwa wiersze zostały wymazane z wejściowej (tzn. '*starej*') macierzy temporalnej *TM*. Natomiast, obydwie '*nowe*' macierze odległości temporalnych dla funkcji 3 – $L2$ oraz $3 - evL2$ mają postać:

$$TDM'_{3-L2} = \begin{bmatrix} & T_1 & T_2 & T_3 \\ T_1 & 0 & 15.52 & 63.36 \\ T_2 & 15.52 & 0 & 62.46 \\ T_3 & 63.36 & 62.46 & 0 \end{bmatrix}$$

oraz

$$TDM'_{3-evL2} = TDM'_{evL2} = \begin{bmatrix} & T'_1 & T'_2 & T'_3 \\ T'_1 & 0 & 1.41 & 1.41 \\ T'_2 & 1.41 & 0 & 1.41 \\ T'_3 & 1.41 & 1.41 & 0 \end{bmatrix}$$

5/ **Krok piąty** algorytmu, to wybór odpowiedniego klasyfikatora. Jak powyżej wspomniano, wydajność nowo zaproponowanych funkcji odległości będzie testowana w zadaniach klasyfikacyjnych w podrozdziale czwartym. Przypomnijmy, iż dla kolekcji $\boldsymbol{T} = \{T_g\}_{g=1}^{m}$ szeregów czasowych i dyskretnego wektora ich etykiet $\boldsymbol{C}$, problem klasyfikacji polega na aproksymacji funkcji o postaci $c: \boldsymbol{T} \to \boldsymbol{C}$ (gdzie $c(T_g) = C^{T_g}$ dla każdego $g \in J$) funkcją $\hat{c}: \boldsymbol{T} \to \boldsymbol{C}$ tak aby spełniony był warunek

$\hat{c}(T_g) = C^{T_g}$ dla każdego $g \in J$. Funkcja c to *klasyfikator aprioryczny* (ang. *predefined*), natomiast funkcja $\hat{c}$ to *klasyfikator aposterioryczny*[6]. A więc, jeżeli:

$$c(T_g) = \hat{c}(T_g) \text{ dla każdego } g \in J \tag{12}$$

to mówimy, że klasyfikator aposterioryczny w pełni (perfekcyjnie) aproksymuje klasyfikator aprioryczny. Natomiast jeżeli tylko dla większości $g \in J$ zachodzi warunek (12), to mówimy, iż klasyfikator aposterioryczny tylko częściowo przybliża klasyfikator aprioryczny. Zagadnienie klasyfikacji polega więc na znalezieniu jak najdokładniejszego klasyfikatora aposteriorycznego. Tym samym, wydajność klasyfikatora aposteriorycznego może być mierzona w procentach poprawnie sklasyfikowanych szeregów czasowych w analizowanym zbiorze danych[7]. Postępując zgodnie z sugestią zaproponowaną przez E. Keogha oraz E. Kasetty'ego (2003), w proponowanym algorytmie, obliczone macierze odległości temporalnych stanowią dane wejściowe dla klasyfikatora jednego najbliższego sąsiada (ang. 1-*nearest neighbor* (1NN) *classifier*). W podrozdziale czwartym, zaproponowany powyżej algorytm przetestowany będzie przez pryzmat klasyfikatora 1NN na trzech zbiorach danych empirycznych biosygnałów. W szczególności zweryfikowano hipotezę badawczą mówiącą o koncentracji informacji strukturalnej zawartej w temporalnej macierzy danych na kilku lub kilkunastu pierwszych wektorach własnych macierzy Q.

Materiały oraz metody

Efektywność nowo zaproponowanych algorytmów zostanie przetestowana na trzech przykładowych empirycznych zbiorach danych: dwóch empirycznych kolekcjach elektrokardiogramów (zbiory *ECG200* oraz *ECGFive*) oraz na jednej empirycznej kolekcji krzywych analiz HRM (zbiór *Fungi*). Podstawowe własności powyższych trzech zbiorów danych zawarte są w tabeli 1. Zbiór ECG200 składa się z zapisów EKG pochodzących od osób zdrowych oraz osób z zawałem mięśnia sercowego (Olszewski, 2001). Zbiór ECGFive zawiera zapisy EKG pochodzące od 67 letniego mężczyzny zarejestrowane w dniach 12/11/1990 i 17/11/1990 (a więc, z pięciodniowym odstępem) (Time Series Machine Learning Website, 2023). Zbiór *Fungi* składa się z krzywych topnienia (tj. krzywych HRM), będących pierwszymi pochodnymi (ze znakiem minus) intensywności fluorescencji (tj. $-\frac{dF}{dt}$, gdzie F to intensywność fluorescencji, a t to temperatura) (Lu i in., 2017). Próbki dsDNA poddane analizie HRM pochodziły od 51 szczepów wyizolowanych z 18 gatunków grzybów (por. Tabela 1 w Lu i in., 2017).

---

[6] Oczywiście, pojęcia klasyfikatora apriorycznego oraz aposteriorycznego mają sens tylko w odniesieniu do matematycznego problemu klasyfikacji. Oznacza to, iż chociaż elementy dyskretnego wektora etykiet mogły zostać przyporządkowane poszczególnym szeregom czasowym na podstawie procedur empirycznych, to podczas procesu klasyfikacji owo przyporządkowanie jest czymś z góry ustalonym (ang. *predefined*), a więc z punktu widzenia klasyfikacji jest to przyporządkowanie *apriorycznе*.

[7] W tym ujęciu, wydajność klasyfikatora apriorycznego jest zawsze równa 100 %.

Tabela 1. Podstawowe własności strukturalne przykładowych zbiorów danych

TD	m	n	$\|\|C\|\|$
ECG200	200	96	2
ECGFive	884	136	2
Fungi	204	201	18

Legenda: *m, n* oraz $\|\|C\|\|$ to, odpowiednio, moc zbioru ***TD***, długość szeregów czasowych z ***TD*** oraz liczba klas równoważności wektora etykiet C.
Źródło: opracowanie własne.

Amplikony poddane analizie stanowiły regiony ITS (ang. *internal transcribed spacer*) rDNA. Wszystkie trzy przykładowe zbiory danych są publicznie dostępne (Time Series Machine Learning Website, 2023). Zgodnie z ogólnie przyjętą metodologią walidacji nowo zaproponowanych miar odległości pomiędzy danymi temporalnymi (Górecki, Łuczak, 2013; Górecki, Piasecki, 2019; Keogh, Kasetty, 2002; Wang i in., 2013; Wilczek, 2022), porównano efektywność algorytmów opartych na zaproponowanych w tej pracy miarach odległościach z efektywnością algorytmów bazujących na klasycznych (danych ogólną zależnością (7)) oraz na niedawno wprowadzonych funkcjach odległości. Mianowicie, efektywność w klasyfikacji danych czasowych nowo zaproponowanych algorytmów będzie porównana nie tylko z wydajnością algorytmów opartych na tradycyjnych metrykach (8)-(11), ale również z wydajnością ostatnio szeroko rekomendowanego algorytmu (ang. *Dynamic Time Warping algorithm*) (Berndt, Clifford, 1994), jego trzech modyfikacji (tzn. *CIDTW*, *DDTW* oraz *PDDTW*), jak również z efektywnością algorytmów opartych na trzech modyfikacjach funkcji Euklidesowej (tzn. *CIL2*, *DL2* oraz *PDL2*). Przypomnijmy, iż algorytm *CIDF*, gdzie *DF* to *dowolna* miara temporalna (np. $DF \in \{DTW, L2\}$) to tzw. *algorytm niezmienniczy* (ze względu na złożoność strukturalną danych temporalnych) obliczania odległości pomiędzy dwoma szeregami czasowymi (por. Batista, Wang, Keogh, 2011). Natomiast algorytm *DDF*, gdzie *DF* to *dowolna* miara temporalna (np. $DF \in \{DTW, L2\}$) to tzw. algorytm *pochodnej miary* odległości pomiędzy dwoma szeregami czasowymi T_1 oraz T_2, którego obliczenie redukuje się do obliczenia odległości wejściowej *DF* pomiędzy pierwszymi dyskretnymi pochodnymi T_1^d oraz T_2^d, odpowiednio, szeregów czasowych T_1 oraz T_2 (Keogh, Pazzani, 2001). Z kolei, algorytm *PDDF*, gdzie *DF* to dowolna miara temporalna (np. $DF \in \{DTW, L2\}$) to *parametryczna pochodna miara* odległości, której obliczenie redukuje się do obliczenia *ważonej wypukłej* (ang. *weighted convex*) kombinacji wejściowej miary *DF* oraz jej miary pochodnej *DDF* (Górecki, Łuczak, 2013). W poniższej pracy, algorytm *PDDF* jest obliczony dla parametrów $a = b = \cos\alpha = \sin\alpha = 0.7853982$, gdzie $\alpha = \frac{\pi}{2}$ (por. Górecki, Łuczak, 2013, s. 317).

Wszystkie symulacje komputerowe oraz wizualizacje otrzymanych danych przeprowadzone zostały w języku programowania *R* oraz w jego pakietach (Mori, Mendiburu, Lozano, 2016; R Core Team, 2022; Venables, Ripley, 2002; Wickham, 2009).

Wyniki i dyskusja

Zgodnie z sugestią z podrozdziału drugiego, efektywność nowo zaproponowanych algorytmów klasyfikacyjnych mierzona jest w procentach poprawnie sklasyfikowanych szeregów czasowych w rozpatrywanym zbiorze danych. Z przeprowadzonych symulacji wynika, iż wydajność nowych spektralnych *k*-obciętych schematów klasyfikacyjnych mieści się w granicach od 90% (protokół $k_{opt} - evLmax$ na zbiorze *ECG200*) do 100 % (protokoły $k_{opt} - evL1$, $k_{opt} - evL3$ oraz $k_{opt} - evLmax$ na zbiorze *Fungi*), a ich wartości średnie są w zakresie od 96.4 % (protokół $k_{opt} - evLmax$) do 97.35 % (protokół $k_{opt} - evL2$) (por. tabele 2 i 3). Procentowe poprawy skuteczności w zadaniach klasyfikacyjnych osiągnięte przez nowe $k_{opt} - evLp$ techniki w stosunku do ich tradycyjnych L_p odpowiedników są w przedziale od 0.11 % (protokół $k_{opt} - evL3$ na zbiorze *ECGFive*) do 5.39 % (protokół $k_{opt} - evL3$ na zbiorze *Fungi*), zaś ich średnie wartości znajdują się w zakresie od 2.02 % (protokół $k_{opt} - evL2$) do 3.89 % (protokół $k_{opt} - evLmax$). Porównanie skuteczności najwydajniejszej (dla danego zbioru danych czasowych) nowej spektralnej *k*-obciętej metodologii z efektywnością metodologii opartych na odległości *DTW* i jej modyfikacjach jednoznacznie ukazuje, iż procentowe poprawy skuteczności nowych technik klasyfikacyjnych są w granicach od 0.45 % (poprawa nad protokołem *DDTW* na zbiorze *ECGFive*) do 18.28 % (poprawa nad protokołem *CIDTW* na zbiorze *ECG200*), zaś średnia wartości popraw skuteczności są na poziomie od 5.19 % (poprawa nad protokołem *PDDTW*) do 8.83 % (poprawa nad protokołem *CIDTW*) (por. tabela 5). Procentowa poprawa skuteczności osiągnięta przez nowo wprowadzoną $k - evL2$ technikę jest w granicy od 0 % (poprawa nad protokołem *CIL2* na zbiorze *ECGFive*) do 10.75 % (poprawa nad protokołem *DL2* na zbiorze *ECG200*), zaś średnie wartości poprawy jakości schematów klasyfikacyjnych są na poziomie od 2.28 % (poprawa nad protokołem *PDL2*) do 6.14 % (poprawa nad protokołem *DL2*) (por. tabela 6). Konkludując można stwierdzić, iż wydajność algorytmów opartych na nowych spektralnych *k*-obciętych funkcjach odległości jest wyższa lub znacznie wyższa niż wydajność algorytmów opartych na metrykach danych ogólną zależnością (7) lub na niedawno zaproponowanej funkcji *DTW* i jej udoskonaleniach, jak również na udoskonaleniach metryki *L2*. Dlatego też można stwierdzić, iż wprowadzenie nowych funkcji odległości opartych na wektorach własnych temporalnej macierzy produktowej *TP* wydaje się być w pełni uzasadnione.

Tabela 2. Wyniki klasyfikacji (w %) otrzymane przez algorytmy oparte na miarach oraz na referencyjnych metrykach

TD	$L1$	$k_{opt} - evL1$	↑	$L2$	$k_{opt} - evL2$	↑
ECG200	88	92	4.35	89.5	**93**	3.76
ECGFive	97.62	**99.77**	2.15	99.21	99.55	0.34
Fungi	99.02	**100**	0.98	97.55	99.51	1.97
Średnia z pomiarów	94.88	97.26	2.49	95.42	**97.35**	2.02

Legenda: Symbol ↑ oznacza poprawę (w %) wydajności klasyfikacji nowo zaproponowanych algorytmów względem algorytmów odniesienia. Najlepsze wyniki (spośród wyników z tabel 2 i 3) są pogrubione.
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Wyniki klasyfikacji (w %) otrzymane przez algorytmy oparte na miarach oraz na referencyjnych metrykach

TD	$L3$	$k_{opt} - evL3$	↑	$L_{\max}$	$k_{opt} - evLmax$	↑
ECG200	89.5	90.5	1.1	87	90	3.33
ECGFive	99.21	99.32	0.11	95.81	99.21	3.43
Fungi	94.61	**100**	5.39	95.1	**100**	4.9
Średnia z pomiarów	94.44	96.61	2.2	92.64	96.4	**3.89**

Legenda: Symbol ↑ oznacza poprawę (w %) wydajności klasyfikacji nowo zaproponowanych algorytmów względem algorytmów odniesienia. Najlepsze wyniki (spośród wyników z tabel 2 i 3) są pogrubione.
Źródło: opracowanie własne.

Z kolei, tabela 4 ukazuje, iż poprawa skuteczności (względem referencyjnych metod L_p) algorytmów opartych na zwykłych k-obciętych metrykach jest niższa niż algorytmów bazujących na funkcjach spektralnych i mieści się w granicy od 0 % (protokoły $k_{opt} - L2$ oraz $k_{opt} - Lmax$ oraz na zbiorze *Fungi*) do 3.87 % (protokół $k_{opt} - Lmax$ na zbiorze *ECGFive*). Ryciny 1-3 obrazują związek pomiędzy efektywnością nowych miar k – Lp oraz $k - evLp$ a parametrem k. Przypomnijmy, iż na wykresach w lewych panelach analizowanych rycin, parametr k przebiega zbiór indeksów I, a na wykresach w prawych panelach, parametr k przebiega zbiór indeksów J.

Tabela 4. Wyniki klasyfikacji (w %) otrzymane przez algorytmy oparte na miarach

TD	$k_{opt} - L1$	↑	$k_{opt} - L2$	↑	$k_{opt} - L3$	↑	$k_{opt} - Lmax$	↑
ECG200	89.5	1.68	91.5	2.19	**92.5**	3.24	90.5	**3.87**
kECGFive	98.64	**1.03**	**99.77**	0.56	99.66	0.45	95.93	0.13
Fungi	**99.51**	0.49	97.55	0	96.57	**2.03**	95.1	0
Średnia z pomiarów	95.88	1.07	**96.27**	0.92	96.24	**1.91**	93.84	1.33

Legenda: Symbol ↑ oznacza poprawę (w %) wydajności klasyfikacji nowo zaproponowanych algorytmów względem algorytmów odniesienia . Najlepsze wyniki są pogrubione.
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Wyniki klasyfikacji (w %) otrzymane przez algorytmy oparte na mierze i na jej modyfikacjach

TD	*DTW*	↑	*CIDTW*	↑	*DDTW*	↑	*PDDTW*	↑
ECG200	**82**	11.83	76	18.28	80	13.98	81.5	12.37
ECGFive	96.15	3.63	96.95	2.83	**99.32**	0.45	97.06	2.72
Fungi	**99.51**	0.49	94.61	5.39	97.06	2.94	**99.51**	0.49
Średnia z pomiarów	92.55	5.32	89.19	**8.83**	92.13	5.79	**92.69**	5.19

Legenda: Symbol ↑ oznacza poprawę (w %) wydajności klasyfikacji najlepszych nowo zaproponowanych algorytmów (por. tabele 2 i 3) względem algorytmów odniesienia typu i pokrewnych. Najlepsze wyniki są pogrubione.
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Wyniki klasyfikacji (w %) otrzymane przez algorytmy oparte na modyfikacjach miary

TD	*CIL2*	↑	*DL2*	↑	*PDL2*	↑
ECG200	86.5	6.99	83	10.75	89	4.3
ECGFive	**99.55**	0	93.89	5.69	98.98	0.57
Fungi	94.61	4.92	**97.55**	1.97	**97.55**	1.97
Średnia z pomiarów	93.55	3.97	91.48	**6.14**	95.18	2.28

Legenda: Symbol ↑ oznacza poprawę (w %) wydajności klasyfikacji najlepszych nowo zaproponowanych algorytmów k_opt-evLp (por. tabele 2 i 3) względem algorytmów odniesienia (tj. modyfikacji miary L2). Najlepsze wyniki są pogrubione.
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7. Minimalne wartości (w % wektorów kolumnowych macierzy) dla nowych miar

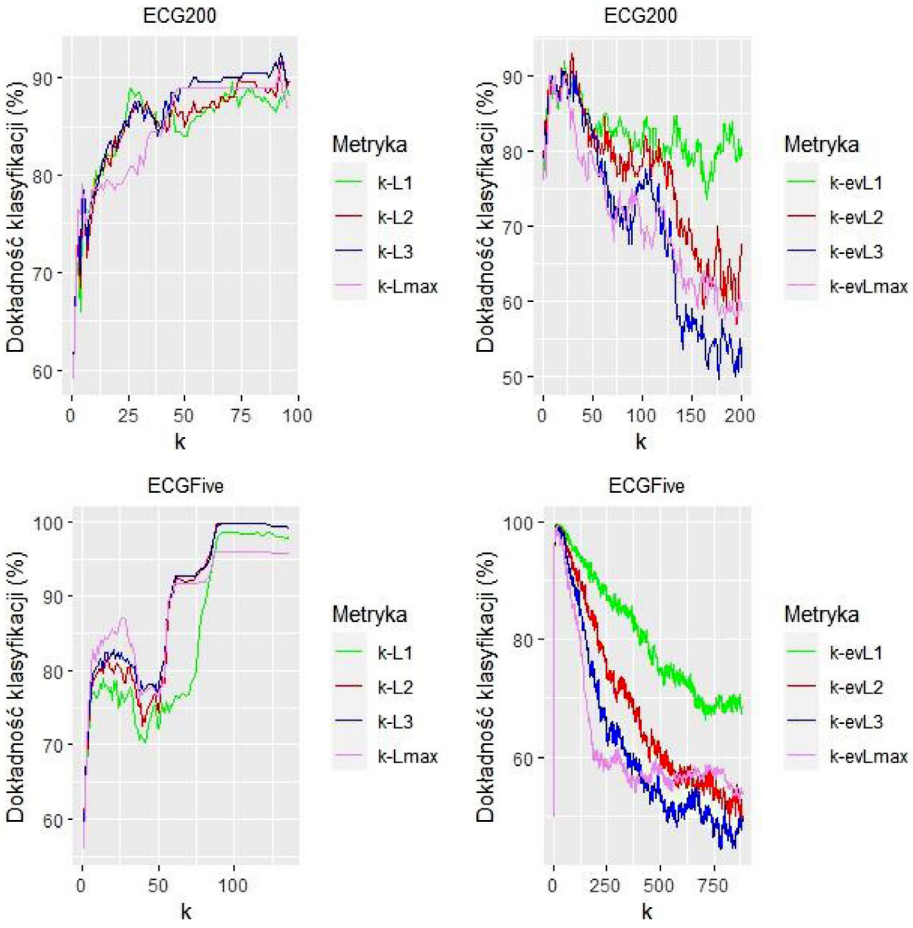
TD	$k_{opt} - L1$	$k_{opt} - L2$	$k_{opt} - L3$	$k_{opt} - Lmax$
ECG200	73.96	95.83	95.83	95.83
ECGFive	68.38	68.38	67.65	64.71
Fungi	51.74	87.56	52.74	87.06
Średnia z pomiarów	64.69	83.92	72.07	82.53

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8. Minimalne wartości (w % wektorów własnych macierzy produktowej) dla nowych miar

TD	$k_{opt} - evL1$	$k_{opt} - evL2$	$k_{opt} - evL3$	$k_{opt} - evLmax$
ECG200	10.5	14.5	10	3.5
ECGFive	1.58	1.36	1.36	1.36
Fungi	6.37	6.37	6.37	6.37
Średnia z pomiarów	6.15	7.41	5.91	3.74

Źródło: opracowanie własne.

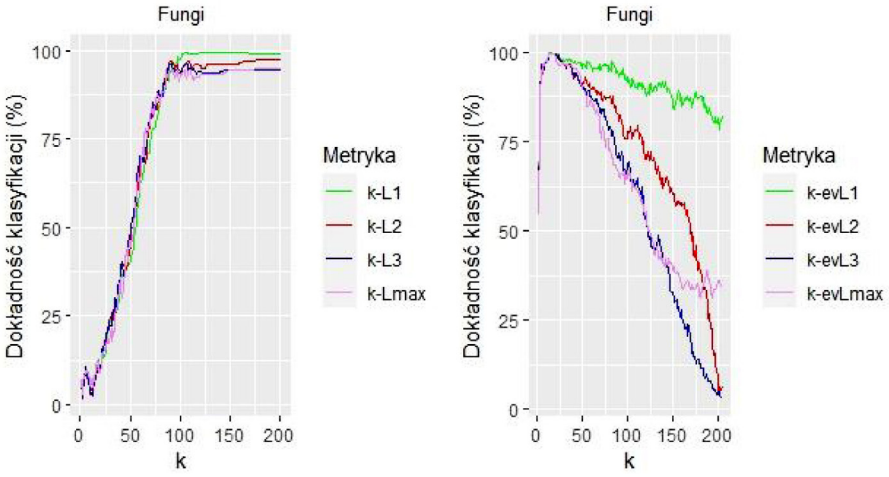


Rysunek 1. Zależność pomiędzy parametrem *k* a dokładnością algorytmów opartych na nowych funkcjach temporalnych *k – Lp* oraz *k – evLp* określonych na zbiorach danych *ECG200* oraz *ECGFive*

Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrywane wykresy dowodzą, iż związek pomiędzy wydajnością analizowanych funkcji, a parametrem *k* nie zawsze jest monotoniczny. Jakkolwiek, analizując wydajność funkcji *k – Lp* można zauważyć, iż we wszystkich trzech przypadkach, wraz ze wzrostem wartości parametru *k*, ich wydajność również wzrasta i po przebiegnięciu około trzech czwartych wartości parametru *k* osiąga swoje maksimum. Minimalne wartości parametru k_{opt} wyrażone w procentach wektorów kolumnowych wejściowych macierzy *TM* dla których badane funkcje są najbardziej efektywne w przykładowych zadaniach klasyfikacyjnych zawarte są w tabeli 7. Dane te w sposób jednoznaczny wskazują, iż znajomość od 64.69 % do 83.92 % pierwszych wyrazów analizowanych szeregów czasowych wystarczy do ich prawidłowego sklasyfikowania. A więc można stwierdzić, iż hipoteza z podrozdziału drugiego mówiąca, iż najważniejsze informacje strukturalne charakteryzujące

dany szereg temporalny są zakodowana w jego *k*-pierwszych wyrazach wydaje się być w pełni potwierdzona i tym samym rozpatrywanie nowych -obciętych funkcji odległości wydaje się być w pełni uzasadnione.



Rysunek 2. Zależność pomiędzy parametrem *k* a dokładnością algorytmów opartych na nowych funkcjach temporalnych *k – Lp* oraz *k – evLp* określonych na zbiorze danych *Fungi*

Źródło: opracowanie własne.

Z drugiej strony, analizując efektywność algorytmów opartych na funkcjach *k – evLp* można dostrzec, iż we wszystkich trzech przypadkach, wraz ze wzrostem wartości parametru *k*, ich efektywność szybko wzrasta, po przebiegnięciu około jednej dwudziestej wartości parametru *k* osiąga maksimum i następnie stopniowo maleje. Minimalne wartości parametru k_{opt} wyrażone w procentach wektorów własnych temporalnej macierzy produktowej *TP* zawarte są w tabeli 8. Dane te w sposób jednoznaczny wskazują, iż znajomość od 3.74 % do 7.41 % pierwszych wektorów własnych macierzy (1) wystarczy do prawidłowej klasyfikacji szeregów czasowych stanowiących wiersze temporalnej macierzy danych *TM*. Porównując dane z tabel 7 i 8 widzimy, iż $k^I_{opt} >_{\%} k^J_{opt}$, a więc informacja strukturalna charakteryzująca badane szeregi czasowe jest skondensowana na kilku pierwszych wyrazach ich funkcjonalnych surogatów spektralnych. Można zauważyć więc, iż następne dwie hipotezy z podrozdziału drugiego zostały potwierdzone i tym samym rozpatrywanie nowych spektralnych *k*-obciętych funkcji odległości wydaje się być w pełni uzasadnione.

W swojej obszernej i ważnej pracy „*The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction*", T. Hastie, R. Tibshirani oraz J. Friedman (2009, s. 506) zauważają, iż „wyszczególnienie adekwatnej miary niepodobieństwa jest o wiele bardziej istotne w osiągnięciu sukcesu w procesie klasteryzacji niż wybór samego algorytmu analizy skupień. Ten aspekt problemu jest mniej podkreślany w literaturze poświęconej klasteryzacji, ponieważ aspekt ten zależy od specyficzności dziedziny przedmiotowej oraz jest mniej podatny na ogólne analizy".

W naszej opinii, deklaracje T. Hastie oraz współpracowników, choć odnoszą się do zagadnienia klasyfikacji bez nadzoru (ang. *unsupervised learning*), mogą być uogólnione względem każdego rodzaju klasyfikacji, z włączeniem zagadnienia klasyfikacji szeregów czasowych. Dlatego też, aby poprawić efektywność znanych algorytmów klasyfikacji szeregów czasowych (np. algorytmu *Lp* połączonego z klasyfikatorem 1*NN*) zaproponowano nowe miary odległości pomiędzy danymi temporalnymi. Z przeprowadzonych symulacji komputerowych wynika, iż wydajność algorytmów klasyfikacji opartych na nowych parametrycznych funkcjach odległości jest wyższa lub znacznie wyższa niż wydajność protokołów opartych na funkcjach referencyjnych (np. na klasycznych miarach *Lp*, *DTW* oraz na ich (parametrycznych) modyfikacjach). Rezultat ten wydaje się być bardzo istotny, ponieważ jak zauważa T. Górecki oraz M. Łuczak (2013, s. 311) „[…] prosta metoda łącząca klasyfikator jednego najbliższego sąsiada (1*NN*) oraz pewną formę miary odległości *DTW* okazała się być jedną z najwydajniejszych technik klasyfikacji szeregów czasowych. […]. Zostało empirycznie dowiedzione, iż prosta Euklidesowa metryka odległości jest konkurencyjna lub lepsza względem wielu złożonych miar odległości oraz spełnia ważną nierówność trójkąta". W dalszych częściach swojego tekstu T. Górecki oraz M. Łuczak (2013, s. 320) twierdzą, iż „metryka odległości Euklidesowej jest najbardziej oczywistą miarą podobieństwa dla szeregów czasowych, natomiast miara *DTW* jest jedną z najbardziej wydajnych funkcji odległości dla danych temporalnych". Konfrontując powyższe fragmenty z wynikami z tabel 2-6 uprawnionym jest twierdzenie, iż nasze rezultaty stanowią kontrprzykład względem opinii T. Góreckiego i M. Łuczaka.

Uwagi końcowe

Podsumowując można stwierdzić, iż cel przedkładanej pracy został osiągnięty i nowe (spektralne) *k*-obcięte funkcje temporalne znajdą praktyczne zastosowanie w analizie i klasyfikacji danych diagnostycznych i tym samym przyczynią się do zwiększenia stopnia automatyzacji procedur medycznych.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Batista, G. E. A. P. A., Wang, X., Keogh, E. J. (2011). *A complexity-invariant distance measure for time series*. W: B. Liu, H. Liu, C. Clifton, T. Washio, C. Kamath (red.), *Proceedings of the 2011 SIAM International Conference on Data Mining,* (699-710). Arizona: Society for Industrial and Applied Mathematics. https://doi.org/10.1137/1.9781611972818.60.
2) Berndt, D. J., Clifford, J. (1994). *Using dynamic time warping to find patterns in time series*. W: *Proceedings of the 3rd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (359-370).
3) Bloomfield, V. A. (2014). *Using R for Numerical Analysis in Science and Engineering. The R Series*. Boca Raton: CRC Press.

4) Box, G. E. P., Jenkins, G. M. (1983). *Analiza Szeregów Czasowych. Prognozowanie i Sterowanie*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
5) Górecki, T., Łuczak, M. (2013). Using derivatives in time series classification. *Data Mining and Knowledge Discovery*, *26 (2)*, 310-331. DOI 10.1007/s10618-012-0251-4.
6) Górecki, T., Piasecki, P. (2019). A comprehensive comparison of distance measures for time series classification. W: A. Steland, E. Rafajłowicz, O. Okhrin (red.), *Stochastic Models, Statistics and their Applications. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics*, Vol. 294 (409-428). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28665-1_31.
7) Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer Series in Statistics. https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7.
8) Keogh, E. J., Pazzani, M. J. (2001). *Dynamic time warping with higher order features*. W: V. Ku-mar, R. Grossman (red.), *Proceedings of the 2001 SIAM International Conference on Data Mining*. Society for Industrial and Applied Mathematics (1-11).
9) Keogh, E., Kasetty, E. (2002). *On the need for time series data mining benchmarks: a survey and empirical demonstration*. W: *Proceedings of the eight ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. New York: Association for Computing Machinary (102-111). https://doi.org/10.1023/A:1024988512476.
10) Kuniszyk-Jóźkowiak, W. (2011). *Przetwarzanie Sygnałów Biomedycznych*. Lublin: Instytut Informatyki UMCS.
11) Lu, S., Mirchevska, G., Phatak, S. S., Li, D., Luka, J., Calderone, R. A., Fonzi, W. A. (2017). Dynamic time warping assessment of high-resolution melt curves provides a robust metric for fungal identification. *PLoS ONE, 12 (3)*, e0173320. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173320.
12) Mori, U., Mendiburu, A., Lozano, J. A. (2016). Distance measures for time series in R: The TSdist Package. *The R Journal*, *8(2)*, 451-459. https://doi.org/10.32614/RJ-2016-058.
13) Olszewski, R. T. (2001). *Generalized Feature Extraction for Structural Pattern Recognition in Time Series Data*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
14) Shifaz, A., Pelletier, C., Petitjean, F., Webb, G. I. (2023). Elastic similarity and distance measures for multivariate time series. *Knowledge and Information Systems, 65 (6)*, 2665-2698. https://doi.org/10.1007/s10115-023-01835-4.
15) Venables, W. N., Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2.
16) Wang, X., Mueen, A., Ding, H., Trajcevski, G., Scheuermann, P., Keogh, E. (2013). Experimental comparison of representation methods and distance measures for time series data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, *26 (2)*, 149-182. https://doi.org/10.1007/s10618-012-0250-5.
17) Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4.

18) Wilczek, P. (2022). *An application of the local binary pattern algorithm and its uniform variant to improve the recurrence and cross-recurrence quantification analyses of the pharmacologically important time series*. W: K. Krukiewicz, M. Marczyk, M. Bugdol, S. Bajkacz, Z. Ostrowski Z. (red.), *Recent Advances in Computational Oncology and Personalized Medicine*. *The Challenges of the Future !* Vol. 2. (128-152). Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. DOI:10.34918/85110.

Źródła internetowe

1) R Core Team. (2022). *A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Pobrane z: https://www.R-project.org/ (dostęp: 16.07.2024).
2) Time Series Machine Learning Website. (2003). Pobrane z: https://timeseriesclassification.com/index.php (dostęp: 16.07.2024).

Włodzimierz Wójcicki[1], **Robert Tomaszewski**[2]
Akademia Bialska im. Jana Pawła II

Matematyka w gospodarce i wokół nas

Streszczenie

W otaczającym nas świecie trudno wskazać element całkowicie obcy matematyce. Liczby porządkowe i liczby obrazujące wielkości są powszechnie znane. Matematyczny świat liczb jest znacznie bogatszy i bardziej skomplikowany. Spotkać go można pośrednio w różnych urządzeniach, od telefonów po teleskopy, oraz bezpośrednio w teoriach różnych nauk, takich jak fizyka, astronomia, biologia i ekonomia. Pełni również służebną rolę w architekturze, informacji, muzyce i sztuce. Matematyka, w odróżnieniu od innych nauk, wyłącznie kumuluje wyprowadzone prawdy, nie zastępując „starych" nowymi.

Słowa kluczowe: matematyka, rozwój liczb, matematyka w gospodarce, matematyka w społeczeństwie, specyfika matematyki

Abstract

In the world around us, it is hard to point out an element entirely foreign to mathematics. Ordinal numbers and quantities are commonly known. The mathematical world of numbers is significantly richer and more complicated. It can be encountered indirectly in various devices, from telephones to telescopes, and directly in the theories of various sciences, such as physics, astronomy, biology, and economics. It also serves a fundamental role in architecture, information, music, and the arts. Mathematics, unlike other sciences, exclusively accumulates derived truths without replacing the „old ones" with new ones.

Keywords: Mathematics, development of numbers, mathematics in the economy, mathematics in the society, specifity of mathematics

Wstęp

„Filozofia zrodziła wiele różnych nauk. Jak wiemy jest matką fizyki, która kiedyś była znana jako filozofia przyrody. Nie można także pominąć faktu, że ekonomia została zapoczątkowana przez moralistę Adama Smitha". (...) Zarówno naukowiec jak i filozof zajmują się analizą idei. Obaj przeprowadzają także obserwacje. Ludzie nazywani filozofami zazwyczaj rozpoczynają analizę idei i są autorami najbardziej ogólnych wniosków. Inni zaczynają tam, gdzie filozofowie skończyli – ich możemy nazywać naukowcami. Kontynuują oni pracę rozpoczętą przez filozofa, zostawiając mu zadanie znalezienia kolejnych obszarów badań, które z kolei zostaną przekazane przyszłym naukowcom do dalszego udoskonalenia. (...) W Matematycznych zasadach filozofii przyrody Newtona znajdziemy równie potężne ilości metafizyki co nauki w arystotelesowskiej Fizyce" (Sadowsky, 2013).

Z pewnym sceptycyzmem przyjąć można rozróżnienie między naukowcami a filozofami. Wszak filozofia z greckiego oznacza umiłowanie mądrości, która jest

[1] dr hab., prof. uczelni, ORCID: 0000-0002-4607-3972, e-mail: w.wojcicki@dyd.akademiabialska.pl
[2] dr, ORCID: 0000-0002-4564-0832, e-mail: r.tomaszewski@dyd.akademiabialska.pl

conditio sine qua non wszystkich badań, te zaś z kolei wykraczają poza idee, obejmując byty, naturę, społeczeństwo, kulturę, historię, organizacje, gospodarkę etc. Za cel opracowania przyjęto zobrazowanie spektrum przedmiotów badań i zastosowań matematyki.

Bogactwo różnorodności liczb

Matematyka zaczęła się od liczenia przez łączenie w pary (dobieranie par) – najpierw z użyciem palców, później z użyciem kamyków – tyle zwierząt w stadzie ile kamyków w woreczku (to prawzór znanego skądinąd tokena), potem pojawiło się liczydło (abak) i inne urządzenia liczące. Wcześniej pojawiły się cyfry eliminujące niedogodności łączenia par – wśród nich jako ostatnie pojawiło się zero, które nie podlegało łączeniu w pary. Stało się niezbędne kiedy cyfry ewoluowały w liczby, gdy powstały systemy liczbowe i trzeba było oznaczyć rząd wielkości. „Zero stanowi składnik niezbędny, conditio sine qua non, kodu binarnego, który jest podstawą wszechobecnej cyfryzacji. Cyfryzacja jest oparta o kodowanie, bez którego nie byłoby e-bankowości, e-administracji, e-handlu i handlu „zwykłego" (kody kreskowe i kasy fiskalne), e-komunikacji, podpisu elektronicznego, telewizji cyfrowej, lokalizacji GPS, e-informacji, wreszcie różnego rodzaju programowania (komputerów, komórek, inteligentnych robotów), badań kosmosu, systemów energetycznych, systemów kierowania ruchem) – trudno byłoby wskazać dziedzinę ludzkiej aktywności, w której kodowanie nie występuje" (Wójcicki, 2018, s. 11). Spośród dziesięciu cyfr zero ma najwięcej atrybutów, najbardziej złożoną istotę i historię. Symbolizuje początek skali, nie ma roku zerowego, występuje w systemie dziesiętnym i binarnym, samo nie może być w mianowniku ułamka zwykłego.

Cyfry wynaleziono na pewno dawniej niż litery (Ifrah, 1990). Chrześcijanie znają frazę: Na początku było słowo, a słowo ciałem się stało. W ujęciach mistycznych i religijnych cyfry/liczby spełniają jednak nie mniejszą rolę niż litery/słowa. Chińczycy uważają cyfrę 8 za szczęśliwą i dlatego wyznaczono rozpoczęcie Igrzysk Olimpijskich w Pekinie w 2008 roku na dzień 8 sierpnia o godzinie 8 minut 8. Bóg powiedział do Mojżesza: „{Pan} zachowujący swą łaskę w tysiączne pokolenia, przebaczający niegodziwość, niewierność, grzech, lecz nie pozostawiający go bez ukarania, ale zsyłający kary za niegodziwość ojców na synów i wnuków, aż do trzeciego i czwartego[3] pokolenia" (Ravasi, 2017, s. 41). Trzy i cztery składają się na siedem: „Siedem – liczba symboliczna, oznaczająca pełnię i doskonałość, przypomina nam, że całe stworzenie jest *tob* (...) a ten przymiotnik po hebrajsku znaczy zarazem „dobry" i „piękny" (Ravasi, 2017, s. 17-18). W kanonie stworzenia to właśnie dzień siódmy jest poświęcony Bogu. Istnieje również dekalog, dziesięć plag egipskich, muzułmański różaniec składający się z 99 paciorków – pochwał Allaha plus jeden paciorek dla „prawdziwego imienia Boga". Istnieje pechowa 13 pomijana w numeracji pięter i pokoi hotelowych, oraz ezoteryczna liczba 666 (szerokość banknotu jednodolarowego wynosi 66,6 mm i podobno stąd prymat tej waluty).

[3] Tysiączne pokolenia to przedsmak nieskończoności.

Cyfry ewoluujące w liczby wymagały określonego sposobu agregacji – funkcjonują tuziny, mendle, kopy, grosy, 60 sekund ma minuta, a 60 minut tworzy godzinę, kąt pełny może mieć 360 stopni albo 2π radianów, różne są skale do pomiaru temperatury. Do zapisu stworzono różne systemy. Cieśliński (2016) wymienia system binarny, trójkowy, ósemkowy, dwunastkowy, szesnastkowy – o różnym przeznaczeniu. Liczby mogą wskazywać porządek jak w spisie inwentarza lub wielkość jak w sprawozdaniu finansowym. Liczby dotyczące bogactwa (pieniądz lubi ciszę) wykreowały nowe zagadnienia. W średniowieczu Karol Wielki nakazał w końcu roku sumować przychody i koszty gospodarstwa rolnego i osobno gospodarstwa domowego. Dla zachowania tajemnicy przychody liczyła jedna osoba, koszty druga osoba a wynik osoba trzecia, zwykle właściciel (Wójcicki, 2018). Tajemnica to jedna, a ochrona przed nadużyciami to druga sprawa. W Hiszpanii dla bezpieczeństwa pieniądze przechowywano w kufrze o trzech zamkach, klucze do których miały trzy różne zaufane osoby (Rogozina, 2016).

Postęp ujawniał nowe zagadnienia. Nie ma największej liczby, bo po każdej liczbie N zawsze może nastąpić N+1; to oznacza nieskończoność, jej symbol znany jako lemniskata Z tego zaś wynika, że nie ma też najmniejszej liczby, która byłaby odwrotnością największej. Oprócz nieskończoności ciągu liczb występuje też nieskończoność danej liczby, kiedy ciąg cyfr po przecinku rośnie bez ograniczenia, nigdy się nie kończy ani nie powtarza. Takie liczby noszą miano niewymiernych, nie mogą one być wyrażone przy pomocy zwykłego ułamka. Bardzo znanym przykładem liczby niewymiernej jest liczba dla której przy pomocy specjalnego programu obliczono trudną do wyobrażenia ilość cyfr początkowych – wynosi ona 31 415 926 535 897; obliczenia ukończono w dniu 21.01.2019 r., kierując się przy wyznaczaniu kresu obliczeń kolejnymi miejscami po przecinku liczby π, które są następujące: (Schiff, 2023)[4]. Ciekawostką jest to, że odkryto wiele metod obliczania tej liczby, wśród nich najbardziej intrygująca i niezwykła jest oparta na symulowanym zderzaniu dwóch kul bilardowych o różnej masie (ruch mniejszej ogranicza ściana), których kolizje są idealnie sprężyste, nie tracących energii na ciepło, dźwięk itp., co odzwierciedla sposób zderzania atomów. Pierwsze omówienie tej metody spotkało się z niedowierzaniem, ale po przedstawieniu dowodu wyniki zaakceptowano (Schiff, 2023).

Matematyka jest transcendentnym[5] idealnym światem. „Jeśli ktoś stosuje się do podstawowych zasad dedukcji matematycznej, wyprowadzenie jednego kroku z drugiego, otrzymywane są prawdy matematyczne (twierdzenia), stając się dodatkowymi elementami panteonu tego wyidealizowanego świata. Zostają wiecznymi, niepodważalnymi prawdami" (Schiff, 2023, s. 47). Przy tym w wypro-

[4] Symbol ten jest używany od 1737 roku, ale określanie wartości liczby rozpoczęli starożytni Babilończycy i Egipcjanie 2000 lat p.n.e. W dniu 21 stycznia 2019 roku ukończono obliczanie rekordowej ilości pierwszych cyfr tej liczby: 31 415 926 535 897. Liczba ma nawet swoje święto w marcu. Pierwsze cyfry 3-14 skojarzono z datą urodzin Alberta Einsteina (14.3.1879). (Schiff, 2023, s. 57-59). Oprócz faktu, że nie ma największej liczby (bo zawsze może być następna N+1), mamy więc liczbę, którą nie sposób obliczyć.

[5] Transendencja filoz.> istnienie poza granicami bytu lub poza granicami ludzkiego poznania.

wadzaniu prawd matematycznych możliwe jest korzystanie z praw ustalonych przez inne dyscypliny naukowe, najczęściej przez fizykę. Zauważyć trzeba, że w innych naukach, jak chemia, biologia czy fizyka często jedna teoria zastępuje drugą w miarę doskonalenia narzędzi badawczych, przykładem takiego doskonalenia jest Wielki Zderzacz Hadronów czy Kosmiczny Teleskop Webba[6] do obserwacji w podczerwieni, jako continuum badań Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Dlatego w naukach przyrodniczych wyniki są odkrywane, w matematyce – udowadniane. „Gałąź fizyki, gdy stanie się przestarzała albo nieproduktywna, okazuje się zawsze częścią przeszłości. (...) Matematyka przeciwnie – jest pełna kanałów i bocznych ścieżek, które wydają się prowadzić donikąd w jednej epoce i stają się przedmiotem badań w innej" (Gleick, 2018, s. 149-150).

Kolejnym przykładem liczby niewymiernej jest jako efekt znanego twierdzenia Pitagorasa o długości przeciwprostokątnej w trójkącie prostokątnym; w tym przypadku chodzi o trójkąt prostokątny równoramienny, powstający po nakreśleniu przekątnej w kwadracie. „Prawdopodobnie jest to pierwsza znana liczba niewymierna (...), jej rozwinięcie dziesiętne z dokładnością do 65[7] miejsca po przecinku wynosi: 1,414213 562373 095048 801688 724209 698078 569671 875376 948073 176679 737990...". W praktyce znane zastosowanie tej liczby, przy niewielkich zaokrągleniach i w połączeniu z innymi działaniami, służy do określania formatów papieru od A0 do A4.

Najczęściej można zetknąć się, jednak rzadko to uświadamiając, z liczbą niewymierną, według której określana jest idealna, boska proporcja. Chodzi o liczbę (https://sjp.pwn.pl). Taki rodowód liczby i termin boska proporcja świadczy jednoznacznie o jej powiązaniu z pięknem w sztuce. Tomasz z Akwinu napisał: „Zmysły radują się na widok rzeczy o właściwych proporcjach" (Corbala'n, 2012, s. 9). Rodowód liczby wywodzi się z *nieskończonego* ciągu Fibonacciego, w którym każda kolejna liczba jest sumą dwóch liczb ją poprzedzających. [0], 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ... W tym ciągu dochodząc do czternastej relacji między sąsiednimi liczbami, jest iloraz: 1,618 033 988 749 894... – dokładność piętnastu miejsc po przecinku w zupełności wystarcza dla celów praktycznych. „Liczba , nazywana złotą liczbą, stosunkiem transcendentalnym, boską liczbą, boskim stosunkiem, zafascynowała więcej błyskotliwych umysłów niż liczby π i *e* razem wzięte" (Wójcicki, 2018, s. 12). Liczbę niewymierną można określić jako „(...) nieskończone wyrażenie dziesiętne, które nigdy się nie kończy ani nie powtarza w nieskończoność, może więc istnieje jedynie w rzeczywistości matematycznej. Podobnie nigdy nie kończy się nieskończony szereg, więc i on musi istnieć w podziemnym świecie matematyki" (Schiff, 2023, s. 93-94).

Z kolei liczba *e* to liczba Eulera (Schiff, 2023) „obecna" w logarytmach, które wymyślono aby mnożenie zastąpić dodawaniem, co wykorzystano w konstrukcji

[6] Budowany przez 14 lat (2007-2021) pozwolił odkryć galaktyki, które według teorii Wielkiego Wybuchu nie powinny istnieć, co implikuje rewizję poglądu na funkcjonowanie czarnych dziur i zakres Wszechświata.

[7] Miejsce 66 to wynik zaokrąglenia.

suwaka logarytmicznego, jaki dawno temu został wypchnięty w przeszłość przez wygodniejsze urządzenia obliczeniowe. Liczbę wyprowadzono z nieskończonego szeregu: $e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \cdots . + \frac{1}{n!} + \ldots$ (https://www.matemaks.pl). Potęgi liczby *e* graficznie obrazuje wykres funkcji wykładniczej. W 2016 roku obliczono pierwszych pięć bilionów cyfr liczby *e,* zajęło to 48 dni czasu komputerowego.

Matematyka ustala następujące warunki brzegowe przy tworzeniu liczb: „Jeśli jednak będziecie tworzyć nową klasę liczb, to musicie wyjaśnić, jak je dodawać, odejmować, mnożyć i dzielić, gdyż to właśnie robimy z liczbami" (Schiff, 2023, s. 122). Są, oczywiście, pewne niuanse. Liczby naturalne, które mają dwa dzielniki (dzielą się przez siebie i przez 1) to liczby pierwsze a mające więcej dzielników to liczby złożone; liczba 1 nie jest ani pierwszą ani złożoną. Dwie liczby naturalne, które nie mają wspólnego dzielnika większego niż 1 (np. 7 i 9) nazywa się względnie pierwszymi – jeżeli występują w liczniku i mianowniku wyznaczają kres skracania ułamka (https://zpe.gov.pl). Największa odkryta liczba pierwsza ma postać -1, ma ona 24862048 cyfr. „Wielkie liczby pierwsze służą do testowania mocy obliczeniowej superkomputerów. Bez nich również nie można skutecznie szyfrować informacji, bo klucze najlepszych szyfrów oparte są na liczbach pierwszych. Są także bardzo użyteczne przy konstruowaniu kodów korekcyjnych do wyszukiwania błędów w przekazie obrazów i danych (satelity, sondy kosmiczne...) oraz w czytnikach CD wysokiej jakości. Do ciekawszych liczb pierwszych należy liczba składająca się z 23 jedynek 11 111 111 111 111 111 111 111 oraz liczba składająca się z kolejnych cyfr 1234567891 (www.eioba.pl).

Na odkrycie czekają kolejne *liczby doskonałe*. Liczba doskonała jest liczbą naturalną, która stanowi sumę swoich dzielników właściwych np. 6 = 1+2 +3; 28 = 1+2+4+7+14;. już dawno temu zauważono, iż stworzenie świata trwało 6 dni, a w ciągu 28 nocy Księżyc obiega Ziemię. Dotychczas odkryto tylko 39 liczb doskonałych, przy czym piątą w XV wieku, a ostatnią w 2001 roku; przyśpieszenie odkryć nastąpiło w 1952 roku gdy użyto maszyny liczącej.

Jeszcze większym ewenementem są liczby zaprzyjaźnione. „Dwie liczby naturalne nazywamy zaprzyjaźnionymi, gdy każda z nich jest równa sumie dzielników właściwych drugiej liczby; dzielnik właściwy liczby to każdy dzielnik mniejszy od tej liczby. (...) Starożytni Grecy wierzyli, że amulety z wygrawerowanymi liczbami zaprzyjaźnionymi zapewniają szczęście w miłości". Przykładem pary najmniejszych liczb zaprzyjaźnionych są liczby 220 i 284. Dzielniki właściwe liczby 220 to: (1, 2, 4, 5, 10, 11, 20, 22, 44, 55, 110) ich suma stanowi 284. Dzielniki właściwe liczby 284 to: (1, 2, 4, 71, 142) ich suma stanowi 220. Znanych jest blisko 8000 par liczb zaprzyjaźnionych, nie wiadomo jednak ile ich istnieje.

Wiele liczb nosi nazwę utworzoną od nazwiska ich odkrywców, wspomniano już o liczbie Eulera; wśród bardziej znanych można wymienić liczby Fermata i liczby Mersenne'a. Swoistym ewenementem są liczby trójkątne. Nazwa liczby trójkątne pochodzi stąd, że jest liczbą monet jednakowej wielkości, z których można utworzyć trójkąt równoboczny o boku zbudowanym z *k* monet.

Odrębnym, aczkolwiek nie stroniącym od liczb, działem matematyki, jest geometria. Punkty, odcinki, proste, kąty, figury i bryły geometryczne – to dome-

na geometrii euklidesowej, jeżeli są umieszczone na powierzchni płaskiej, kiedy zaś na powierzchni falistej w kształcie, np. siodła lub na powierzchni, której część leży na stole a część z tego stołu zwisa, lub mają kształt powierzchni kuli, to nimi zajmuje się geometria nieeuklidesowa. W geometrii linie nie mają szerokości, ale z symbiozy geometrii z algebrą powstała jedna z najbardziej znanych liczb, o ile nie najbardziej znana, liczba π. Wizualizację kształtów geometrycznych ułatwia technologia komputerowa.

„Bóg dał nam liczby całkowite, a wszystko inne jest dziełem człowieka..." (Schiff, 2023, s. 33). Pomimo to algebra jak i samo pojęcie liczby jest abstrakcją – nie występują w naturze. „A jednak matematyka jest najbardziej potężnym narzędziem, które pozwala nam na opisanie świata" (Schiff, 2023, s. 35).

Świat jest matematyczny

Przed wynalezieniem precyzyjnych urządzeń mierniczych/geodezyjnych do wytyczania (wynoszenia na grunt) kątów prostych używano trzech odcinków zwykłego sznurka oznaczonych węzłami; odcinki o długości 3 m, 4 m i 5 m należało zamknąć w trójkąt, którego przeciwprostokątną był odcinek najdłuższy a naciąg zapewnić przy pomocy zwykłych szpilek do namiotu. Bardziej wyrafinowane zastosowania matematyki przedstawia Shiff (2023), niektóre z nich przedstawione zostały w poniższej tabeli 1.

Tabela 1. Praktyczne i teoretyczne zastosowania matematyki według Schiffa (2023)

Strona	Matematyczne teorie modele, metody, twierdzenia	Zastosowania
18, 22, 36	Czas zwalnia podczas ruchu na orbicie	System GPS, nawigacja na ziemi, wodzie i w powietrzu. Wszechświat połączony fragmentami matematyki.
26, 38	Metodologia	Rygorystyczne rozumowanie – logika symboliczna. Dedukowanie logiczne na podstawie zbioru założeń.
30	Punkt stały (oś obrotu dysku)	Równowaga Johna Nasha w teorii gier (zobacz film „Piękny umysł").
39, 38	N =	Siła sił elektrycznych utrzymujących atomy w całości, podzieloną przez siłę grawitacji między nimi. Gdyby protony były o 0,2% cięższe, nie istniałyby atomy.
59	„6" jako trylionowa cyfra liczby *π*	Testowanie dokładności nowych superkomputerów.
62	Technika symulacji (metoda Monte Carlo)	Projekt budowy bomby atomowej (Manhattan, w czasie II wojny światowej).
71	3 x (3 i 80 zer)	Liczba atomów w obserwowalnym wszechświecie (kula o promieniu 93 miliardów lat świetlnych).

71	3 x (3 i 74 zer)	Liczba nieukorzenionych drzew filogenetycznych generowanych przez 50 jednostek taksonomicznych.
72	Osobliwość $y = \frac{1}{x^2}$ (może być b. blisko zera, ale nie w nim)	Teoria względności – punkt w czasie, w którym temperatura, zakrzywienie i gęstość wszechświata są skończone; sytuacja matematycznej osobliwości.
75	Długość Plancka metra	Granica podzielności przestrzeni.
76, 77	Czas Plancka	Czas po Wielkim Wybuchu leżący poza zakresem naszej obecnej fizyki, nawiązuje do prędkości światła.
88, 180	Nieskończone szeregi liczb	Ciągły sygnał falowy, ujęty w momentach dyskretnych, przekształcony cyfrowo (telefon, telewizor, muzyka).
111	Strategia 1/*e* (ca 37%)	Wybierając spośród ogromnej liczby kandydata, wystarczy przesłuchać 37%, a potem wybrać następnego, który przewyższy przesłuchanych przed nim.
112	*A=P; A – odsetki,* r- stopa %, t- liczba lat	Wzór na odsetki składane z liczbą Eulera.
114, 115	Odchylenie standardowe	Pomiar masy supermasywnych czarnych dziur; złoty standard dla odkrycia czegoś nowego w fizyce to 5 odchyleń wg rozkładu normalnego (1 na 1,75 mln w jednej stronie rozkładu).
127	Liczby zespolone	Kwadrat modułu – b. istotny w fizyce kwantowej.
135, 137	Kwaterniony (składnik rzeczywisty + 3 urojone) oktoniony	Obrót w przestrzeni samolotu, rakiety, robota – grafika komputerowa, fizyka cząstek elementarnych, ujęcie przestrzeni w 64 wymiarach.
155	Modele błądzenia losowego	Wykorzystywane w fizyce, biologii, ekonomii, kasynie.
166	Prawa potęgowe	Obliczenie siły uderzenia asteroidy, badanie sieci podobnych do Internetu, opis rozkładu bogactwa.
171	Entropia	Miara matematyczna niepewności (teoria informacji).
191, 193	Algorytm	Metoda rozwiązywania problemu przez ciąg działań np. dla autonomicznych samochodów.
215	Liczba Φ (złoty podział)	Architektura – Le Corbusier, sztuka – Salvador Dali, muzyka – Mozart, rozwój liści w roślinie, połączenie magnetycznych atomów niobatu i kobaltu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Schiff, 2023[8].

[8] Dla ukazania fragmentu matematyki od liczb porządkowych (numery) i ukazujących wielkości do mechaniki kwantowej i nowoczesnej architektury komputerowej, robotyki, w fizyce, biologii, ekonomii, astronomii; cała książka liczy 400 stron.

Według National Geographic matematyka jest obecna we wszystkim, co nas otacza. W krystalicznej strukturze płatków śniegu, w śladzie jaki zostawia za sobą łódź na wodzie, w idealnym kształcie muszli ślimaka. Jest jedną z najstarszych nauk, która rozwija się od czasów starożytnych do współczesności i przez tysiące lat nieprzerwanie wpływa na nasze życie.

Podsumowanie

Matematyka jest nieodłącznym elementem naszego świata. Jest obecna zarówno w codziennych urządzeniach, takich jak telefony, komputery czy nawet teleskopy. Jest nierozerwalną częścią w teoriach naukowych w dziedzinach takich jak fizyka, astronomia, biologia, ekonomia. Pełni kluczową rolę w architekturze, informacji, muzyce i sztuce, kumulując wyprowadzone prawdy bez zastępowania starych nowymi.

Filozofia, będąca matką wielu nauk, w tym fizyki i ekonomii, zajmuje się analizą idei, które naukowcy rozwijają dalej. Filozofowie inicjują analizę idei i formułują ogólne wnioski, które następnie są rozwijane przez specjalistów różnych dziedzin nauki. Przykładem jest Newton, którego „Matematyczne zasady filozofii przyrody" łączą metafizykę z nauką.

Matematyka zaczęła się od prostego liczenia przez łączenie w pary, najpierw z użyciem palców, a później kamyków. Pojawienie się cyfr, w tym zera, było kluczowe dla rozwoju systemów liczbowych. Zero, będące podstawą kodu binarnego, jest niezbędne dla cyfryzacji, która obejmuje e-bankowość, e-administrację, e-handel, telewizję cyfrową, GPS i programowanie.

Cyfry wynaleziono wcześniej niż litery, a w mistycznych i religijnych kontekstach mają one równie duże znaczenie jak słowa. Przykładem jest chińska wiara w szczęśliwą cyfrę 8 czy biblijne odniesienia do liczb. Matematyka, poprzez swoje różnorodne zastosowania i głębokie znaczenie, odgrywa fundamentalną rolę w rozwoju ludzkiej cywilizacji.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Corbala'n, F. (2012). *Złota proporcja. Matematyczny język piękna.* RBA Barcelona (adaptacja wydawnicza BUKA Books, ISBN 978-84-473-7438-0).
2) Gleick, J. (2018). *Chaos. Narodziny nowej nauki.* Poznań: Wydawnictwo Zysk i S-ka.
3) Ifrah, G. (1990). *Dzieje liczby czyli historia wielkiego wynalazku.* Wrocław: Wydawnictwo Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
4) Ravasi, G. (2017). *Biblia we fragmentach. 200 bram do Starego i Nowego Testamentu.* Kielce: Wydawnictwo Jedność.
5) Rogozina, S. (2016). *Niestandardowy podręcznik rachunkowości. Rachunkowość pół żartem i na serio.* Warszawa: CeDeWu.PL.
6) Schiff, J. L., (2023). *Matematyczny wszechświat. Od Pitagorasa do Plancka*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA.

7) Wójcicki, W. (2018). *Wielkości i proporcje w ekonomii.* Biała Podlaska: Wydawnictwo Państwowej Szkoły Wyższej im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej.

Źródła internetowe

1) https://sjp.pwn.pl>slowniki>transcendentny (dostęp: 29.08.2023).
2) https://www.matemaks.pl>liczba-e (dostęp: 31.08.2023).
3) pl.wikipedia.org/wiki/Pierwiastek_kwadratowy_z_2 (dostęp: 29.08.2023).
4) Sadowsky, J. A. (2013). Własność prywatna i kolektywna. Pobrane z: https://mises.pl/artykul/sadowsky-wlasnosc-prywatna-i-kolektywna (dostęp: 11.09.2023).
5) www.eioba.pl/a/3a/ciekawe-liczby (dostęp: 10.09.2023).
6) zpe.gov.pl/a/liczby-naturalne-calkowite-i-wymierne/D4b3NwntD (dostęp: 12.09.2023).

Aleksander Zbirański[1]
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Dialogujące komputery – kres człowieczeństwa?

Streszczenie

Artykuł przedstawia rozważania z zakresu etyki i filozofii kultury dotyczące wpływu rozwoju sztucznej inteligencji na kondycję człowieka. Jest to próba odpowiedzi na pytanie o przyszłość człowieczeństwa w obliczu coraz szybszego rozwoju technologii, która przejmuje zadanie interakcji z uczestnikami komunikacji z firmami bądź instytucjami. Tekst odwołuje się głównie do filozofii Emanuela Levinasa oraz Jeana Baudrillarda.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, człowieczeństwo, etyka

Abstract

The article presents considerations in the field of ethics and philosophy of culture regarding the impact of AI development on the human condition. It is an attempt to answer the question about the future of humanity in the face of the increasingly rapid development of technology, which is taking over the task of interaction with participants in communication with companies or institutions. The text primarily references the philosophies of Emanuel Levinas and Jean Baudrillard.

Keywords: artificial intelligence, humanity, ethics

Wstęp

Niniejszy tekst jest próbą odpowiedzi na pytanie o kondycję ludzką w świecie coraz bardziej zdominowanym przez technologię. Czy wzrost jej znaczenia oznacza wyparcie człowieczeństwa czy zmieni tylko jego formę. Analiza filozoficzna zachodzących przemian związanych ze zmianami społecznymi posłuży do rozstrzygnięcia tego dylematu. Jest to istotne zagadnienie pozwalające lepiej zrozumieć współczesną kulturę oraz jej transformacje.

Test Turinga zakładał możliwość wystąpienia sytuacji, w której człowiek nie będzie w stanie rozpoznać, że rozmawia z maszyną. Co jednak, gdy wyobrazimy sobie dialogujące komputery? Czy one będą umiały się wzajemnie rozpoznać? Jak na ilość aktów komunikacji między sztuczną inteligencją wpłynie rozwój technologii cyfrowych? Za przyczynek do takich rozważań może posłużyć informacja medialna o wykorzystywaniu przez rekruterów AI do oceny CV kandydatów. Co jednak, gdy oni również zaczną się wspomagać (lub wyręczać) takimi samymi metodami? Czy to początek wieszczonej przez Jeana Baudrillarda epoki symulakrów (Baudrillard, 2005)? Jeśli celem społeczeństwa staje się wytwarzanie znaków to czy człowiek jest jeszcze potrzebny przy odpowiednim zaprogramowaniu technologii oraz co się stanie z człowieczeństwem? Jaka jest różnica między prawdziwym

[1] mgr, ORCID: 0000-0002-1397-9356, e-mail: alek_zbir@interia.eu

a wirtualnym prezenterem dla widza? Kim dla mnie jako dzwoniącego jest elektroniczny konsultant? Czy rozwój Sztucznej Inteligencji nie doprowadzi do śmierci etyki? Na te pytania odpowiedziano poprzez odniesienie się do filozofii kultury oraz filozofii człowieka. Zrozumienie tej tematyki jest szczególnie istotne, gdyż dotyka prymarnych kwestii wpływających na funkcjonowanie wspólnot ludzkich oraz relacji interpersonalnych.

Relacje człowiek międzyludzkie a narzędzia

Tekst niniejszy jest próbą analizy etycznych konsekwencji rozwoju sztucznej inteligencji zdolnej nie tylko do wspomagania, ale również zastępowania człowieka w jego pracy oraz kontakcie (również zapośredniczonym) z drugą osobą. Dotychczas znanym (również w obszarze wiedzy potocznej) eksperymentem myślowym był test Turinga – wyobrażona sytuacja, w której człowiek ma rozstrzygnąć, który z jego rozmówców jest maszyną. Przytoczony wyżej przykład analizy (i być może tworzenia) CV i listów motywacyjnych nakazuje zadanie innego pytania – czy maszyna jest w stanie rozpoznać, że ma do czynienia z wypowiedzią innej maszyny. Można sobie wyobrazić taką wymianę komunikatów zapoczątkowaną przez człowieka, ale później odbywającą się bez jego udziału. Ale czy już teraz nie dochodzi do wyparcia człowieka i, co gorsza, samego człowieczeństwa w momencie interakcji ze Sztuczną Inteligencją? Istota bycia osobą, a nie jedynie przedstawicielem określonego gatunku (homo sapiens), polega na zdolności dokonywania wyborów moralnych. Podnoszeniu kompetencji w tym zakresie służy nauka stanowiąca aksjologię szczegółową – etyka. Jak jednak może rozwijać się moralność w zetknięciu z definicji pozbawioną jej technologią? Kiedy podmiotem interakcji nie jest inna istota żywa a jedynie wytwór ludzkich rąk czy można jeszcze mówić o relacji? Wytwory człowieka zwykło się traktować jako narzędzia, których wykorzystanie może być dobre lub złe. Standardową ilustracją tego sposobu myślenia jest przykład noża, którym można pokroić chleb lub zabić. Co jednak z całą gamą wymyślnych narzędzi takich, jak cyfrowi konsultanci (rozwijani, by niedługo nie można było odróżnić ich od ludzkiego pierwowzoru)? Oczywiście, wcześniej możliwe było animizowanie lub nawet personifikowanie zwyczajnych narzędzi (np. krzycząc „głupi młotek", jakby to on był odpowiedzialny za uderzenie się w palec podczas wbijania gwoździ), ale nie miały one na celu wytworzenia wrażenia kontaktu z drugim człowiekiem. Pojawiają się, z różną intensywnością i wiarygodnością, kolejne pomysły wypierania kolejnych grup zawodowych przez Sztuczną Inteligencję, która ma z czasem zastąpić kierowców komunikacji zbiorowej, prezenterów telewizyjnych lub lektorów, a nawet aktorów. Coraz lepsze techniki generowania głosu i obrazu (czego dowodzą liczne deepfake'i) powodują trudności w odróżnieniu prawdziwych materiałów od fałszywych. Jaki to ma wpływ na moralność relacji człowieka z np. wirtualnym konsultantem?

Nawet przelotna styczność z drugim człowiekiem stanowi sytuację moralną, której opisem i oceną może, i często powinna zająć się etyka. Emmanuel Levinas twierdził, że etyka jest pierwszą filozofią (a nie tradycyjnie ontologia), gdyż jest

związana z codziennymi problemami człowieka – jak zachowywać się wobec drugiego podmiotu, by było to dobre? Ów myśliciel twierdził, że to kontakt z Innym budzi nas do istnienia (Levinas, 1998). On uświadamia nam naszą odrębność od reszty świata i zmusza do refleksji (w tym autorefleksji), które są podstawą podmiotowości. Równie ważne jest jednak uznanie podmiotowości drugiej strony. A jak odnosi się to do rozmowy z wirtualnym konsultantem? Najpierw trzeba rozstrzygnąć czy rozpoznajemy w nim wytwór Sztucznej Inteligencji czy nie. Żadna z tych odpowiedzi jednak nie ułatwia sprawy przy prognozach rozwoju tego typu form komunikacji. Jeśli rozmówca uwierzy, że ma kontakt z drugim człowiekiem odruchowo będzie zdawał się na społecznie popierane formy zachowania. Wszelkie wysiłki trafią jednak w próżnię. Uprzejmość wobec Sztucznej Inteligencji ma tyle samo sensu co witanie swojej lodówki. Wydawałoby się to jednak niegroźne w perspektywie omawianego w niniejszym tekście zagadnienia (wpływu AI na perspektywy rozwoju człowieczeństwa), ale co w przypadku uświadomienia sobie w trakcie rozmowy (lub nawet po jej zakończeniu), że rozmawiało się przez pół godziny z maszyną i (w zależności od sprawy) trzymało nerwy na wodzy zamiast się rozłączyć? Czy to nie osłabi w rozmówcy wiary w sens właściwego odnoszenia się do rozmówcy, który może okazać się jedynie symulacją? Czy scenariusze rozmów znoszące niepozorną indywidualność każdej interakcji nie spowodują zniechęcenia u odbiorców? Jak będzie wyglądała komunikacja, gdy będziemy spodziewać się kontaktu z wygenerowaną postacią bardziej niż z prawdziwym człowiekiem? Rodzi to groźbę traktowania wszystkich interakcji wychodzących poza kontakty towarzyskie w sposób przedmiotowy (Sennett, 2009). Taką sytuację można określić jako brak przygotowania na podmiotowość drugiej strony. Czy nie redukuje to jednak również naszej podmiotowości (Renaut, 2001)? Czy nie wynika ona zatem z liczby naszych interakcji? Idąc za Levinasem, można stwierdzić, że musimy być cały czas budzeni do istnienia.

Druga odpowiedź na pytanie o wiedzę w kwestii rozmowy ze Sztuczną Inteligencją jest równie kłopotliwa jak pierwsza. Jeśli wiadome od razu, że rozmawia się z wirtualnym konsultantem to może co prawda folgować swoim afektom ale nie ma to już nic wspólnego z etyką. Mogę skląć młotek, którym uderzyłem się w palec i zgorszyć tym osobę siedzącą obok ale będzie to wyłącznie kwestia estetyczna a nie etyczna. Okazując pogardę pralce, wiertarce lub nawigacji GPS nie czynię nikomu krzywdy, mogę jedynie udowadniać tym brak (zwykle chwilowy) własnego rozsądku. Może łatwiej jest przypisywać humanoidalnej maszynie lub wiarygodnie wyglądającej postaci wygenerowanej komputerowo ludzkie cechy (złośliwość, głupotę, przekorę, itd.) niż kuchence elektrycznej lub przestarzałemu telewizorowi, ale jest to tak samo nieskuteczne w praktycznych próbach uporania się z nieefektywnością naszych działań. Tadeusz Kotarbiński wyróżniał trzy nauki praktyczne – prakseologię (odpowiadającą na pytanie: jak działać skutecznie), felicytologię (jak osiągnąć szczęście) oraz etykę (jak postępować moralnie słusznie). Zaznaczał, że mogą one wchodzić ze sobą w konflikt, jak można domniemać szczególnie pierwsza i trzecia z nich. Jednak w kontaktach z maszynami taki spór nie następuje, gdyż liczy się jedynie skuteczność. Jest to całkowite uprzedmioto-

wienie relacji i redukcjonizm do elementu systemu. Takie usprawnienia (zgodne z prakseologią) można było obserwować już wcześniej dzięki rozwojowi Internetu oraz nauk o zarządzaniu. Zamiast pisania e-maila z reklamacją, który wymaga rozpoczęcia od formuły grzecznościowej, utrzymania odpowiedniego stylu i zachowania zasad uprzejmości, wypełniany jest formularz na stronie, gdzie nie ma miejsca na „twórczą inwencję". Nawet gdyby istniała chęć obrażenia kogoś, brak jest zarówno adresata, jak i możliwości. Brak obelg skierowanych do niewinnego pracownika, który będzie rozpatrywał zażalenie, nie wynika z decyzji, lecz z okoliczności, w ramach których składana jest reklamacja. Na pewno usprawnia to pracę firmy i proces rozpatrywania skarg, ale ogranicza (właściwie eliminuje) możliwości interakcji i powstanie sytuacji etycznej. Jest to całkowite zwycięstwo prakseologii nad etyką. Jest ona powoli wypierana w związku z oczekiwaniem produktywności i maksymalizacji zysku przy skróceniu czasu. Podmiotowość jest tu zbędnym naddatkiem, który nie generuje profitów ekonomicznych (Lorenz, 1986).

Warunki istnienia etyki

Podstawą etyki jest świadomość. To dzięki niej człowiek jest zdolny do moralnej oceny swoich poczynań a później do pogłębionej refleksji nad nimi (Heller, 2015). Również zawdzięcza jej możliwość wyjścia poza odruchową reakcję na aktualnie doświadczane bodźce poprzez wnioskowanie przyczynowo-skutkowe. Pozwala wyjść poza teraźniejszość oraz deterministyczne mechanizmy kierujące przyrodą, które opisują nauki nomotetyczne. Filozofia współczesna wciąż mierzy się z pojęciem świadomości, które pozostaje trudne do opisania. Można jednak zaryzykować, że to właśnie ją budzi się u innych, mówiąc językiem Levinasa. Również możliwe jest stwierdzenie, że nikt nie udowodnił, iż jakakolwiek Sztuczna Inteligencja uzyskała świadomość. Pozostaje ona zatem poza sferą sytuacji moralnych i nie można określić jej mianem podmiotu. Jak zatem zaufać takiemu partnerowi w komunikacji? Wedle Zdzisława Cackowskiego narzędzie staje się w trakcie pracy częścią podmiotu pod warunkiem, że nie stawia oporu (Cackowski, 1979). Można to opisać w następujący sposób – dopóki nie skupiam się na zacinającej się klawiaturze (lub nietypowym rozstawieniu klawiszy) a na pisaniu to jest ona dla mnie chwilowo niedostrzegalna i w akcie pracy stanowi niejako część mnie. Ale jak odnieść to do narzędzi obsługiwanych przez wiele osób w tym samym lub podobnym czasie oraz do tych, które imitują samodzielne podmioty (np. wygenerowani komputerowo prezenterzy radiowi lub telewizyjni)? Media są ekstensjami ludzkich zdolności, np. megafon zwielokrotnia siłę głosu lub transmisja telewizja „wzmacnia" oko widza, które może zobaczyć oddalone o wiele kilometrów obiekty. Czym jednak jest generowany komputerowo obraz i dźwięk? Jakie zmysły lub zdolności wzmacnia i czyje (widza czy odbiorcy)? Czy możliwa jest ekstensja podmiotu zbiorowego?

Należy tu zastanowić się nad tym, czemu podmiot zbiorowy próbuje imitować podmiot jednostkowy. Można domniemywać, że jest to kwestia zaufania odbiorcy, zwiększona łatwość nawiązania porozumienia, większa szansa na empatycz-

ne odczucia wobec konkretnej „osoby", itp. Tylko co dzieje się z zaufaniem, które (w mniejszym lub większym stopniu) okazywane jest przy każdej interakcji? Czy wirtualnej prezenterce radiowej można zaufać? Czy to określenie w ogóle znajduje zastosowanie? Mówiąc „ufam" lub „nie ufam" temu prezenterowi / dziennikarzowi człowiek odnosi się do jego postawy wobec prawdziwości i ważności informacji oraz jego zdolności do przestrzegania etyki dziennikarskiej lub sprzeniewierzania się jej. Informatyka zajmuje się tworzeniem systemów deterministycznych, które działają w zgodzie z zasadami matematyki i wprowadzonymi danymi. Żadne urządzenie (nawet „inteligentne") nie wyjdzie poza zaprogramowane procedury. Jest to przyczynek do podobnej dyskusji do tej, która przetoczyła się przez świat (również media głównego nurtu) w odniesieniu do samochodów autonomicznych. Wszyscy wtedy powtarzali pytanie: kto będzie odpowiadał, jeśli dojdzie do wypadku? Technologia dostarcza jedynie narzędzi (w tym wypadku bardzo złożonych), którymi posługuje się człowiek. Jak stwierdza Michał Heller, jeśli komputer działa głupio to dlatego, że został głupio zaprogramowany, gdyż to właściwością człowieka jest głupota. Cała reszta świata działa na podstawie praw logiki, a tym samym świat jest racjonalny. Potwierdza to słowa słynnego hakera polsko-żydowskiego pochodzenia, Kevina Mitnicka, że najsłabszym elementem każdego systemu jest człowiek. Czy firma medialna lub sprzedawca posługujący się wirtualnymi „reprezentantami" odpowiada jednak, jeśli dojdzie do ataku hakerów i wygenerowany prezenter zacznie opowiadać kłamstwa? Można sobie wyobrazić, że ktoś zainspiruje się słynnym słuchowiskiem radiowym Orsona Wellesa *Wojna światów* lub w inny sposób postanowi wprowadzić chaos w życie społeczne. Jest to zewnętrzne zakłócenie pracy (jak w sytuacji, w której ktoś wyrywa młotek z ręki) czy jednak słabość narzędzia? Czy systemy informatyczne nie powinny posiadać zabezpieczeń i być tworzone z założeniem możliwości (lub nawet pewnością) ataku hakerskiego? Jeśli przyjąć drugą odpowiedź to oznaczałoby to klęskę pragmatyki poprzez zaniechanie przez nią etyki. Można to zilustrować za pomocą przykładu Titanica. Na statku znajdowało się za mało szalup ale było to zgodne z przepisami, gdyż był to statek przekraczający rozmiarami wielkości, o których wspominały regulacje. Z etycznego punktu widzenia należałoby zwiększać bezpieczeństwo pasażerów, m. in. poprzez dodanie dodatkowych, choć niewymaganych prawnie szalup. Jednak myślenie pragmatyczne wyparło myślenie etyczne. Zbytnia pewność siebie wynikająca z pewności wobec materiałów i umiejętności inżynierskich twórców statku wyeliminowały myślenie o potencjalnych zagrożeniach i możliwych katastrofach. Tą specyficzną cechę współczesności trafnie opisał Paul Virilio i określił ją jako wypadek pierworodny (Virilio, 2007). Wedle myśli francuskiego filozofa nikt już nie zakłada niepowodzenia, a nawet jeśli taka myśl się pojawi to uznaje się ryzyko za część kosztów jakie się ponosi w realizacji swoich zamierzeń. Należy jednak zapytać: co jest celem przewoźnika jakim był m. in. armator Titanica? Jest to przewiezienie pasażerów statkiem z jednego punktu do drugiego i zarobienie dzięki temu pieniędzy. Czy brak myślenie etycznego o bezpieczeństwie pasażerów i załogi nie doprowadził do klęski prakseologii czyli nie

zrealizowaniu tego celu? Czy może to świadczyć o złączeniu trzech nauk praktycznych Kotarbińskiego w triadę na podobieństwo aksjologicznej triady Platona? Wskazywałoby to na konieczność równoważenia się etyki, prakseologii i felicytologii.

Etyka w technologicznej rzeczywistości

Czy zatem powierzanie coraz większej ilości zadań związanych z relacjami interpersonalnymi oraz wymagającymi zaufania od ich uczestników Sztucznej Inteligencji realizuje zasadę zachowania równowagi pomiędzy dążeniami tych trzech nauk? Już do wiedzy potocznej przeszło przekonanie o „wyścigu zbrojeń" między programistami a hakerami. Nie istnieje idealny system zabezpieczeń. Każdy zostanie prędzej czy później przełamany. Czy można zatem zakładać, że prywatne przedsiębiorstwa, nawet niezwykle majętne korporacje, zapewnią dostateczną ochronę swojego oprogramowania i będą je odpowiednio często aktualizować, by zminimalizować ryzyko przejęcia ich wirtualnych prezenterów lub zastąpienia ich deep fake'ami polityków? Jak mieć pewność, że nie pojawi się „orędzie" wygłoszone przez sobowtóra premiera, w którym ogłosi wprowadzenie stanu wojennego? Wirtualne tła (już wykorzystywane w telewizjach informacyjnych, tzw. green box) i postacie mogą zostać podmienione na inne projekty przez grupę hakerów pragnących wprowadzić chaos w państwie. Kiedy programiści i konstruktorzy nie poświęcają dostatecznej ilości czasu na refleksję natury etycznej nad konsekwencjami wprowadzenia w życie swoich pomysłów, wtedy odpowiedzialność spada na użytkowników. Pierwszym pytaniem jest „czy powinienem zastosować tę technologię?" i dopiero udzielona na nie odpowiedź warunkuje dalsze postępowanie i pytania o etykę pracy z takim narzędziem. I jednym z nich jest problem potrzeby stosowania takich rozwiązań jak wirtualni konsultanci lub prezenterzy. Czy nie jest bezpieczniej z nich zrezygnować, nawet kosztem wzrostu kosztów ludzkich takich, jak pensja, w imię bezpieczeństwa? Czy świadomość możliwości przełamania zabezpieczeń i związanego z tym olbrzymiego ryzyka dla bezpieczeństwa informacyjnego lub własnego wizerunku nie jest dostatecznym argumentem przeciw takim praktykom? Należy powrócić tu do zagadnienia ludzkiej zdolności, do oceny moralnej własnego postępowania. Sztuczna Inteligencja jest jak każde medium ekstensją ludzkich zdolności. Jednak, wbrew nazwie, jest ona nie tyle ekstensją inteligencji, co własności intelektualnych konkretnej jednostki – głupoty lub mądrości. Wrócę do uwagi Michała Hellera, który podkreślał, że głupie działanie programu jest wynikiem działania głupiego programisty. Pozbawiona wolnej woli oraz oceny opartej o system wartości technologia może jedynie odpowiadać wedle tego jak została stworzona.

Zrozumienie różnicy między determinizmem i indeterminizmem ma kluczowe znaczenie dla tego artykułu, jak i samego przedmiotu etyki. Pierwszy pogląd zakłada, że wszystko toczy się wedle niewzruszonych praw (fizyki, ekonomii, biologii, itd.). Wolna wola nie istnieje a człowiek postępuje wedle owych praw. Wedle drugiego poglądu ludzie mogą decydować o sobie i sami kierować własnym życiem a prawa natury mogą stanowić jedynie limitację ich wolności. Jest ona moż-

liwa tylko w systemie indeterministycznym, w którym możliwe jest dokonywanie wyborów. Jeśli wyjątkowość człowieka jako bytu polega na wolności pozwalającej wybierać między różnymi możliwymi czynami i świadomości umożliwiającej ocenę tych czynów to ilość limitacji może wpływać na możliwość pełnego bycia człowiekiem w rozumienia istoty żyjącej w świecie wartości. W tej perspektywie człowieczeństwem jest życie według wartości i przedkładanie wartości duchowych (np. prawda, dobro, piękno) ponad wartości utylitarne (użytecznościowe). Dopóki takie zachowanie nie zostanie udowodnione u całych społeczności zwierząt, a nie jedynie pojedynczych osobników, pozostaje to cechą charakterystyczną dla ludzi a nazwa „człowieczeństwo" nie może być traktowana jako przejaw szowinizmu gatunkowego. Czy zatem zwiększając ilość przejawu determinizmu informatycznego w świecie poprzez rozwój Sztucznej Inteligencji nie zmniejszy się zakresu wolności człowieka, a tym samym nie prowadzi to do uwiądu człowieczeństwa? Systemy deterministyczne są niezawodne – w takich samych warunkach wyjściowych zawsze uzyska się taki sam rezultat. Siła przekonywania nauk empirycznych polega na tym, że zawsze można powtórzyć eksperyment i porównać wyniki poszczególnych prób w oczekiwaniu ich identyczności. Umożliwia to realizację jednego z celów przypisywanych tym naukom – panowania nad rzeczywistością. Osoba zdolna wejść do systemu deterministycznego z zewnątrz (a w przypadku systemów informatycznych jest to wykonalne) może uzyskać kontrolę nad wynikami końcowymi poprzez zmianę warunków początkowych. Problemem jest tylko znalezienie „wejścia" do danego systemu. W indeterminizmie, który jest przymiotem człowieka, można wpływać lub manipulować ale niemożliwe jest pełne kierowanie przebiegiem procesu. Nie jest to jedynie kwestia zbyt wielu zmiennych czynników mogących wpływać na efekt końcowy. Jest to kwestia wolnej woli i wnikającej z niej odpowiedzialności. Poprawnie zaprogramowana do niecnych celów technologia się nie zawaha przed wykonaniem polecenia, natomiast można mieć nadzieję, że ludzki pracownik odmówi wykonania nieetycznego polecenia lub odkrywszy niepokojące fakty postawi przeciwdziałać ich konsekwencjom.

Jednak nawet ludzka jednostka posiadająca wolną wolę może się jednak spotkać z próżnią etyczną. Bo czy kontaktując się ze Sztuczną Inteligencją można postępować etycznie? Jest to niemożliwe ze względu na brak okoliczności, którą określę jako etyczne prawo do błędu. Jeśli nie mogę popełnić błędu (postąpić źle w perspektywie etyczno-moralnej) to dobro nie jest moją zasługą, gdyż moja wolność została zawieszona lub zlikwidowana. Wszelkie dobro jest zatem efektem zewnętrznych uwarunkowań a nie moich wyborów. Jeśli w złości rozbiję należące do mnie urządzenie wyposażone w Sztuczną Inteligencję to można powiedzieć, że postąpiłem nierozsądnie i zbyt impulsywnie ale nie można mówić, że było to nieetyczne. Zwyzywanie elektronicznego konsultanta może być nieestetyczne ale z kwestiami moralnymi nie ma to nic wspólnego. Nie kto i wobec kogo zawinić. Zostaje pragmatyka. Jednak żeby działać, tak praktycznie, jak i etycznie, świat musi być poznawalny. Czy w sytuacji, w której nie wiem czy ktoś wygłosił daną wypowiedź czy był to deep fake, możliwe jest jeszcze zaufanie wobec przekazu medial-

nego? Czy niepewność ogromu informacji docierających do ludzi nie spowoduje niekończącej się spirali sceptycyzmu? Czy jest to początek ery symulakrów, którą wieszczył Jean Baudrillard? Oznaczałoby to koniec rzeczywistości w kontekście relacji społecznych. Obraz będą przesłaniały swój przedmiot, by w końcu go zastąpić (Baudrillard, 2005). Już teraz można zaobserwować spłycenie interakcji międzyludzkich w sferze kontaktów w miejscach publicznych (sklepach, pocztach, urzędach itd.), więc brak troski o przedmiot ułatwia zwycięstwo obrazu. Można jednak zaryzykować stwierdzenie, że Sztuczna Inteligencja może być jedynie katalizatorem procesów społecznych, które już zachodzą. Bywały już okresy zmniejszonego zainteresowania rozmaitymi wynalazkami (Gimpel, 1999). Jest to efekt ich użyteczności w konkretnych warunkach, mody oraz wytwarzanych przekazów i mitów (Kreft, 2019). Jak w przypadku każdego narzędzia służącego usprawnieniu ludzkiego życia to od użytkownika zależy do jakiego celu ich użyje (Bolter, 1990). Oczywiście, niektórych może być trzeba ukierunkować poprzez odpowiednie przepisy prawne lub zasady współżycia społecznego.

Wnioski końcowe

Podsumowując, kres człowieczeństwa zależy od ludzkości – od tego, czy pozwoli się wypchnąć, i czy będzie się wypychało innych, by zrobić miejsce technologii. Jeśli relacja z drugim człowiekiem (będącej podstawą człowieczeństwa) wciąż jest wartością dla współczesnych użytkowników urządzeń zaopatrzonych w Sztuczną Inteligencję to znajdą oni nowe sposoby bycia ze sobą i wytwarzania więzi mimo coraz powszechniejszego wykorzystywania wytworów współczesnej techniki (Postman, 1995). Technologia nie zabije człowieczeństwa jeśli sami się go gremialnie nie zrzekniemy.

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Baudrillard, J. (2005). *Symulacja i symulakry*. Warszawa: Sic!
2) Bolter, J. (1990). *Człowiek Turinga. Kultura Zachodu w wieku komputera*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
3) Cackowski, Z. (1979). *Człowiek jako podmiot działania praktycznego i poznawczego*. Warszawa: Książka i wiedza.
4) Gimpel, J. (1999). *U kresu przyszłości. Technologia i schyłek Zachodu*. Wrocław: Dolnośląskie.
5) Heller, M. (2015). *Moralność myślenia*. Kraków: Copernicus Center Press.
6) Kreft, J. (2016). *Władza algorytmów. U źródeł potęgi Google i Facebooka*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytet Jagiellońskiego.
7) Levinas, E. (1998). *Całość i nieskończoność: esej o zewnętrzności*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
8) Lorenz, K. (1986). *Regres człowieczeństwa*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.

9) Postman, N. (1995). *Technopol. Triumf techniki nad kulturą*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
10) Renaut, A. (2001). *Era jednostki. Przyczynek do historii podmiotowości*. Wrocław: Ossolineum.
11) Sennett, R. (2009). *Upadek człowieka publicznego*. Warszawa: Muza.

Konrad Żak[1]
Akademia Bialska im. Jana Pawła II

Techniczno-technologiczne wsparcie świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej

Streszczenie

Rozwój nowoczesnych technologii zwiększających funkcjonalność usług zdrowotnych został zauważony na rynku farmaceutycznym. Cyfryzacja usług publicznych zainicjowała digitalizację usług medycznych, co zostało przeniesione do usług farmaceutycznych. Techniczno-technologiczne wsparcie procesu świadczenia usług farmaceutycznych odnosi się do rozwiązań, które muszą być zastosowane obligatoryjnie oraz mogą być implementowane fakultatywnie. Artykuł przedstawia możliwości techniczno-technologicznego wsparcia realizacji procesu świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej oraz wskazuje kierunki rozwoju aptek i ewolucję kompetencji farmaceutów. Umożliwia tym samym identyfikację obszarów cyfrowej optymalizacji procesowej oraz zmaterializowanie wizji apteki przyszłości.

Słowa kluczowe: technologia, apteka ogólnodostępna, usługi farmaceutyczne, farmaceuta, zarządzanie apteką

Abstract

The development of modern technologies increasing the functionality of health services has been noticed in the pharmaceutical market. The digitization of public services initiated the digitization of medical services, which was transposed to pharmaceutical services. Technical and technological support for the process of providing pharmaceutical services refers to solutions that must be used obligatorily and may be implemented optionally. The article presents the possibilities of technical and technological support for the process of providing pharmaceutical services in a public pharmacy and indicates the directions of development of pharmacies and the evolution of pharmacists' competences. It thus enables the identification of areas of digital process optimization and the materialization of the vision of the pharmacy of the future.

Keywords: technology, pharmacy, pharmaceutical services, pharmacist, pharmacy management

Wstęp

Świadczenie usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej, funkcjonującej w ramach określonej struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa aptecznego, jest oparte na dedykowanym wsparciu technologicznym. Budowanie przewagi konkurencyjnej apteki jako podmiotu prowadzącego działalność operacyjną w warunkach wzmożonej konkurencji wymaga od organu zarządzającego monitoringu nowych rozwiązań technologicznych. Dzięki temu apteka może zwiększyć swoje szanse rynkowe poprzez implementację nowoczesnych rozwiązań techniczno-technologicznych, które odpowiednio dobrane i zharmonizowane mogą zwiększyć jej efektywność operacyjną w rynkowej walce konkurencyjnej.

[1] dr inż., ORCID: 0000-0002-2632-9782, e-mail: k.zak@dyd.akademiabialska.pl

Postępująca cyfryzacja medycyny pociąga za sobą digitalizację usług, zobowiązując podmioty zarządzające placówkami ochrony zdrowia publicznego do przyspieszenia procesu transformacyjnego. Rosnące oczekiwania nabywców usług farmaceutycznych w odniesieniu do coraz szerszego upowszechniania innowacyjnych rozwiązań, zwłaszcza w zakresie obsługi klienta, wskazują, że technologie wspierające proces świadczenia usług farmaceutycznych będą w kręgu implementacyjnego zainteresowania organu właścicielskiego, albowiem zastosowanie technologii informacyjnych może znacząco ułatwić zarządzanie podmiotem funkcjonującym w warunkach ciągłego niedoboru zasobów kadrowych i finansowych.

Techniczno-technologiczne wsparcie procesu świadczenia usług farmaceutycznych umożliwia optymalizację wykorzystania zasobów apteki przekładając się na racjonalizację procesu decyzyjnego organu zarządzającego. Technicyzacja aptek i orientacja na digitalizację usług przebiega wielopoziomowo i wieloaspektowo. Innowacyjne rozwiązania techniczno-technologiczne są wdrażane w praktyce aptecznej w celu usprawnienia procesu transakcyjnego (poprzez wykorzystanie komputerów z dedykowanym programem aptecznym), zwiększenia poziomu jakości receptury aptecznej i skrócenia czasu wytwarzania leków recepturowych i aptecznych (poprzez zastosowanie zautomatyzowanych mikserów aptecznych, tabletarek, komór laminarnych i sterylizatorów), poprawy komunikacji z klientem (poprzez zastosowanie cyfrowych ekranów multimedialnych) oraz zwiększania zakresu dystrybucji produktami farmaceutycznymi (poprzez otwarcie kanału dystrybucji internetowej i wykorzystywanie aplikacji mobilnych).

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości techniczno-technologicznego wsparcia realizacji procesu świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej oraz wskazanie kierunków rozwoju aptek i kompetencji farmaceutów. Pozwoli to zidentyfikować obszary cyfrowej optymalizacji procesowej oraz zmaterializować wizję apteki przyszłości.

Metodyka badania

Prezentacja możliwości techniczno-technologicznego wsparcia realizacji procesu świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej oraz wskazanie kierunków rozwoju aptek i kompetencji farmaceutów wymagają połączenie takich metod badawczych jak metoda analizy i krytyki piśmiennictwa, metoda analizy aktów prawnych oraz metoda badania dokumentów. Metoda analizy i krytyki piśmiennictwa została wykorzystana do przeglądu aktualnie dostępnej literatury, w której podnoszone są kwestie odnoszące się do digitalizacji usług medycznych i farmaceutycznych, automatyzacji procesów wytwarzania leków recepturowych i aptecznych oraz technicyzacji wsparcia obsługi klienta w placówkach ochrony zdrowia publicznego. Pozwoliło to zidentyfikować obszary wymagające potencjalnego wsparcia techniczno-technologicznego w procesach podstawowych i pomocniczych związanych z realizacją prospołecznej misji apteki ogólnodostępnej. Umożliwiło również rozpoznanie i określenie wpływu czynników sprzyjających implementacji innowacyjnych rozwiązań technologicznych na kierunki rozwoju

procesu świadczenia usług farmaceutycznych. Metoda analizy aktów prawnych została wykorzystana do identyfikacji uwarunkowań prawnych normujących podstawowe wymagania organizacyjno-techniczne odnoszące się do technologicznego wsparcia procesów świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej, a metoda badania dokumentów do analizy materiałów źródłowych – charakterystyk (specyfikacji) technicznych urządzeń aptecznych. Uwarunkowania prawne odnoszą się do stanu prawnego na dzień 30 listopada 2023 r.

Systemy teleinformatyczne wspierające proces świadczenia usług apteki

Według ustawy system informacji w ochronie zdrowia obejmuje bazy danych funkcjonujące w ramach Systemu Informacji Medycznej (SIM), dziedzinowych systemów teleinformatycznych i rejestrów medycznych (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657). Jest on obsługiwany przez Platformę Udostępniania On-Line Usług i Zasobów Cyfrowych Rejestrów Medycznych oraz Elektroniczną Platformę Gromadzenia, Analizy i Udostępnienia Zasobów Cyfrowych o Zdarzeniach Medycznych (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657). Ustawa stanowi również, że systemy teleinformatyczne obsługujące system informacji ochrony zdrowia w zakresie przypisanych im zadań korzystają z usług dostarczanych przez Elektroniczną Platformę Usług Administracji Publicznej (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657). Szczegółowa regulacja organizacji i zasad działania systemu informacji w ochronie zdrowia w akcie normatywnym o randze ustawy świadczy o podmiotowym podejściu ustawodawcy do kwestii informatyzacji ochrony zdrowia i dużej trosce ustawodawcy w zakresie podnoszenia jakości i dostępności świadczeń opieki zdrowotnej oraz finansowania zadań z zakresu ochrony zdrowia.

Świadczenie usług farmaceutycznych opartych na dystrybucji refundowanych produktów leczniczych, środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego oraz wyrobów medycznych spowodowało, że apteki ogólnodostępne – placówki ochrony zdrowia publicznego – zostały włączone do systemu teleinformatycznego ochrony zdrowia. Profesjonalne podejście do finansowania zadań z zakresu ochrony zdrowia wymagało wprowadzenia usprawnień w systemie rozliczania usług zdrowotnych. Stanowiło to podstawowy czynnik motywujący do wprowadzenia platform cyfrowych wspierających zarządzanie jakością i dostępnością świadczeń opieki zdrowotnej. Efektywność świadczenia usług farmaceutycznych i sprawowania opieki farmaceutycznej została przez ustawodawcę powiązana i wsparta Elektroniczną Platformą Gromadzenia, Analizy i Udostępniania Zasobów Cyfrowych o Zdarzeniach Medycznych, systemami monitorującymi obrót produktami leczniczymi – Zintegrowanym Systemem Monitorowania Obrotu Produktami Leczniczymi (ZSMOPL) i systemem weryfikacji autentyczności produktów leczniczych (PLMVS) oraz System Zarządzania Obiegiem Informacji (SZOI). Interoperacyjność to duża zaleta tych systemów, albowiem można łatwo dokonać ich integracji i harmonizacji z wiodącymi programami aptecznymi.

Elektroniczna Platforma Gromadzenia, Analizy i Udostępniania Zasobów Cyfrowych o Zdarzeniach Medycznych wspiera proces wymiany elektronicznej dokumentacji medycznej, ułatwiając zarządzanie danymi pacjentów poprzez gromadzenie, przetwarzanie i udostępnianie zasobów cyfrowych o zdarzeniach medycznych oraz indeksów elektronicznej dokumentacji medycznej (EDM)[2]. Tworzą ją (CEZ, 2023):

- cyfrowe usługi: e-recepta, e-skierowanie, Elektroniczna Dokumentacja Medyczna (EDM), Zdarzenia Medyczne (ZM);
- aplikacje: Internetowe Konto Pacjenta, mojeIKP, gabinet.gov.pl;
- rozwiązania usprawniające procesy planowania i realizacji świadczeń ochrony zdrowia.

Zintegrowany System Monitorowania Obrotu Produktami Leczniczymi (ZSMOPL) jest systemem teleinformatycznym, którego ustawowym zadaniem jest przetwarzanie danych związanych z obrotem produktami leczniczymi, środkami spożywczymi specjalnego przeznaczenia żywieniowego oraz wyrobami medycznymi w zakresie określonym w ustawie lub w odrębnych przepisach (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657). Przekazywane systemu dane muszą być zgodne z danymi finansowo-księgowymi podmiotu je przekazującego (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657). Administratorem systemu jest Centrum e-Zdrowia – jednostka podległa ministrowi właściwemu do spraw zdrowia, natomiast administratorem danych jest Główny Inspektor Farmaceutyczny – w zakresie danych przetwarzanych w ZSMOPL oraz Prezes Urzędu Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych – w zakresie danych w rejestrach obejmujących produkty lecznicze dopuszczone do obrotu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej (Ustawa o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz. U. 2011, nr 113, poz. 657).

System weryfikacji autentyczności produktów leczniczych (PLMVS) jest oparty o system jednolitych dla całej Unii Europejskiej baz, zawierający informacje na temat zabezpieczeń umożliwiających weryfikację autentyczności i identyfikację produktów leczniczych zawierających zabezpieczenia (Mełgieś, Miaskowska-Daszkiewicz, 2019). Jest on tworzony i zarządzany przez posiadaczy pozwoleń na dopuszczenie do obrotu (podmioty odpowiedzialne) oraz posiadaczy pozwoleń na wytwarzanie produktów leczniczych (producentów) zawierających zabezpieczenia (Mełgieś, Miaskowska-Daszkiewicz, 2019). Architektura systemu baz jest jednolita dla całej Unii Europejskiej, co ma ułatwić możliwość weryfikacji autentyczności produktu leczniczego na terenie całego europejskiego obszaru gospodarczego (Mełgieś, Miaskowska-Daszkiewicz, 2019). W Polsce za stworzenie systemu i zarządzanie nim jest odpowiedzialna Krajowa Organizacja Weryfikacji Autentyczności Leków (Kowal, 2023).

System Zarządzania Obiegiem Informacji (SZOI) umożliwia dwukierunkową wymianę danych pomiędzy placówką (oddziałem) Wojewódzkiego Narodowego

[2] Obejmuje on zasięgiem wszystkie podmioty medyczne, niezależnie od źródła finansowania udzielanych w nich świadczeń (CEZ, 2023).

Funduszu Zdrowia i jego kontrahentami – świadczeniodawcami, aptekami oraz realizatorami zaopatrzenia (Kamsoft, 2023). Dostęp do przesyłanych danych w ramach systemu mają wyłącznie osoby uprawnione po stronie oddziału Narodowego Funduszu Zdrowia oraz jego kontrahenci, którzy zostali zarejestrowani w systemie i uzyskali konta dostępowe do aplikacji (Kamsoft, 2023).

Programy i urządzenia apteczne

Realizacja procesu sprzedaży w aptece ogólnodostępnej jest oparta na wykorzystaniu specjalistycznego, dedykowanego oprogramowania – program aptecznego, stanowiącego podstawowy element systemu wspomagania obsługi apteki. Informatyczne wsparcie bieżącej działalności operacyjnej jest ukierunkowane na uproszczenie procedury sprzedaży i przyspieszenie procesu obsługi klienta (pacjenta) poprzez automatyzację taksacji recept i rozliczania refundacji. Nie jest to jedyne zadanie stawiane aptecznym systemom informatycznym, albowiem umożliwiają one również wsparcie zarządzania stanami magazynowymi (magazynem) poprzez użyteczne funkcje ułatwiające proces zaopatrywania (zamawiania produktów). Programy apteczne są wykorzystywane przez użytkowników do wykonywania różnego rodzaju analiz i generowania raportów ułatwiających kierownikowi apteki i farmaceutom proces podejmowania decyzji operacyjnych. Nieocenionym wsparciem dla personelu fachowego apteki jest możliwość uzyskania pełnej informacji o niepożądanych interakcjach międzylekowych, czy o tańszych zamiennikach leków refundowanych. Najczęściej wykorzystywanymi instrumentami informatycznymi w praktyce aptecznej są KS AOW Kamsoft, Sertum Apteka Malickiego, InfoFarm oraz EuroSoft.

Techniczne wsparcie procesu świadczenia usług farmaceutycznych opiera się na wspomaganiu personelu apteki w wykonywaniu powtarzalnych, bieżących czynności fachowych, co jest szczególnie widoczne w odniesieniu do procesu wytwarzania (sporządzania) leków recepturowych i aptecznych. Indywidualizacja farmakoterapii w wielu przypadkach oparta na recepturze aptecznej, która stanowi idealne pole do implementacji nowoczesnych rozwiązań techniczno-technologicznych ułatwiających i przyspieszających procedurę wytwarzania produktów. Modernizacja techniczna laboratorium aptecznego poprzez stosowanie nowoczesnych urządzeń do sporządzania leków pozwala zautomatyzować powtarzalne czynności związane z procesem wytwarzania leków recepturowych i aptecznych umożliwiając farmaceucie lub technikowi farmaceutycznemu poświęcenie się innym czynnościom fachowym.

System prawa farmaceutycznego szczegółowo określa wykaz urządzeń wchodzących w skład podstawowego wyposażenia apteki ogólnodostępnej, do których zaliczono: lodówkę lub szafę chłodniczą z urządzeniem do pomiaru temperatury, przeznaczoną wyłącznie do przechowywania leków, termometry i higrometry, lożę recepturową krytą tworzywem łatwo zmywalnym, odpornym na chemikalia oraz wagi wielozakresowe (Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymogów, jakim powinien odpowiadać lokal apteki,

Dz. U. 2022, poz. 1737). Dodatkowo, jeżeli apteka sporządza leki w warunkach aseptycznych, to w skład jej podstawowego wyposażenia wchodzą: loża z nawiewem laminarnym do przygotowywania leków w warunkach aseptycznych umieszczona w oddzielnym pomieszczeniu lub izbie recepturowej oraz sterylizator (Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymogów, jakim powinien odpowiadać lokal apteki, Dz. U. 2022, poz. 1737).

Rozwój technologiczny stymuluje powstawanie innowacyjnych rozwiązań techniczno-technologicznych wspierających farmaceutę w codziennej pracy w aptece. Receptura apteczna została zrewolucjonizowana w wyniku pojawienia się systemów miksujących (unguatorów), które zastąpiły tradycyjne moździerze pozwalając, m.in. na wytwarzanie maści bezpośrednio w pojemnikach, które są ostatecznym, wygodnym dla pacjenta opakowaniem leku. Wybór odpowiedniego programu w systemie miksującym inicjuje automatyczną pracę urządzenia, bez konieczności ingerencji i ciągłego nadzoru, co pozwala użytkownikowi na wykonywanie w tym czasie innych czynności zawodowych. Proces przygotowywania proszków doustnych może być wsparty poprzez zastosowanie urządzenia ułatwiającego dozowanie proszku – kapsułkarki, która umożliwia jednorazowe napełnienie do 100 kapsułek, pozwala zachować maksymalna czystość procesu wytwarzania leku i zapewnia odpowiedni wygląd formy końcowej (Banaczkowska-Duda, Chodkowska, 2018).

W aptece ogólnodostępnej mogą być wykonywane leki jałowe, pod warunkiem, że apteka jest wyposażona w komorę (lożę) z nawiewem laminarnym, w której zachodzi przepływ warstwowy jałowego powietrza, poddanego filtracji przez filtr HEPA (ang. *High Efficiency Particulate Air Filter* – wysokowydajny filtr cząstek stałych). Wydostające się z komory laminarnej wyjałowione powietrze tworzy barierę dla unoszących się w otoczeniu bakterii lub zarodników grzybów, umożliwiając przygotowywanie leków w warunkach aseptycznych. Do wyjaławiania sprzętu aptecznego stosuje się sterylizatory, przeznaczone do suszenia sprzętu i utensyliów laboratoryjnych w zakresie temperatur od +50ºC do +250ºC.

W procesie wytwarzania leków recepturowych i aptecznych istotną rolę odgrywa dokładne odważanie potrzebnych składników. Do tego celu stosuje się elektroniczne wagi wielozakresowe. Można używać wagi dwuzakresowej o odpowiednich dokładnościach, jednak z uwagi na ograniczoną dostępność i wysokie koszty nabycia takiej wagi powszechniejsze jest stosowanie wagi proszkowej o dokładności do 0,001 g i zakresie do 100 g, 200 g, 500 g, oraz wagi tarowej o dokładności do 0,01 g i zakresie do 1 kg, 2 kg, 5 kg.

Proces dystrybucji produktów farmaceutycznych i przechowywanie leków w aptece ogólnodostępnej wymagają ciągłego monitoringu temperatury i wilgotności. Szczegółowe wymogi lokalowe apteki nakazują stosowanie we wszystkich pomieszczeniach, w których przechowuje się lub sporządza produkty lecznicze oraz przechowuje się wyroby medyczne, termometrów i higrometrów. Natomiast w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie podstawowych wa-

runków prowadzenia apteki (Dz. U. 2022, poz. 1737) zobowiązano organ właścicielski do zapewnienia[3]:

- w pomieszczeniach, w których sporządza się leki recepturowe i apteczne oraz produkty lecznicze homeopatyczne, oraz w pomieszczeniach, które służą do przechowywania produktów leczniczych, środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego, surowców farmaceutycznych i wyrobów medycznych, wyposażenia do całodobowego monitorowania temperatury i wilgotności,
- w urządzeniach chłodniczych, które służą do przechowywania produktów leczniczych, środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego, surowców farmaceutycznych i wyrobów medycznych, wyposażenia do monitorowania temperatury.

System monitorowania temperatury i wilgotności jest oparty na czujnikach temperatury, które przekazują informacje o temperaturze poprzez bazę rejestratora on-line do programu aptecznego. Dzięki alertom generowanym na ekranie monitora w programie aptecznym farmaceuta ma możliwość odczytu treści komunikatu i w razie konieczności może podjąć działania interwencyjne.

Robotyzacja w aptece

Wykorzystanie w praktyce aptecznej RPA (ang. *Robotic Process Automation* – Zrobotyzowana Automatyzacja Procesów) pozwala na automatyzację monotonnych, powtarzalnych czynności prowadząc do alokacji zasobów na bardziej wymagające kierunki działania. Zastosowanie robotów aptecznych sprowadza się do instalacji urządzeń przeznaczonych do wydawania leków. Na rynku dostępne są trzy rodzaje takich urządzeń (Merks i inni, 2013):

- automaty szpitalne, programowane przez farmaceutę na podstawie wytycznych lub ordynacji lekarza zawartej na recepcie;
- automaty apteczne (moduły magazynowe) – urządzenia przechowujące i podające produkty lecznicze po wprowadzeniu nazwy leku do systemu komputerowego;
- automaty vendingowe (lekomaty) – urządzenia samoobsługowe, pełniące rolę depozytu i wydające leki po wcześniejszym włożeniu recepty do maszyny lub przesłaniu jej w specjalnym systemie elektronicznym.

System regulacji prawa farmaceutycznego wyklucza legalne nabywanie produktów leczniczych w automatach (urządzeniach) vendingowych – lekomatach, albowiem w Ustawie Prawo farmaceutyczne ustawodawca wskazał podmioty uprawnione do prowadzenia obrotu detalicznego produktami leczniczymi, do

[3] Urządzenia do całodobowego monitoringu temperatury i wilgotności powinny posiadać świadectwo wzorcowania wydane przez akredytowane laboratorium wzorcujące oraz system umożliwiający odpowiednio zapis temperatury lub wilgotności oraz powiadamianie o przekroczeniach w zakresie parametrów temperatury lub wilgotności (Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie podstawowych warunków prowadzenia apteki, Dz. U. 2022, 1737).

których zaliczył wyłącznie apteki ogólnodostępne, punkty apteczne oraz placówki obrotu aptecznego (sklepy zielarsko-medyczne, sklepy specjalistycznego zaopatrzenia medycznego i sklepy ogólnodostępne) (Ustawa Prawo farmaceutyczne, Dz. U. 2001, Nr 126, poz. 1381)[4]. Rygoryzm regulacji prawnych wyznacza kierunek rozwoju robotyzacji aptecznej jako wsparcie farmaceuty w wyszukiwaniu produktów i dostarczaniu ich za tzw. pierwszy stół. Z tego względu w aptekach mogą być legalnie stosowane urządzenia magazynujące i dostarczające produkty farmaceutyczne, zwane przez ich producentów robotami (rysunek 1), które można łatwo rozbudowywać i ustawiać, zwiększając swobodę adaptacji wnętrza (pomieszczeń) apteki oraz efektywność procesu wydawania leków.



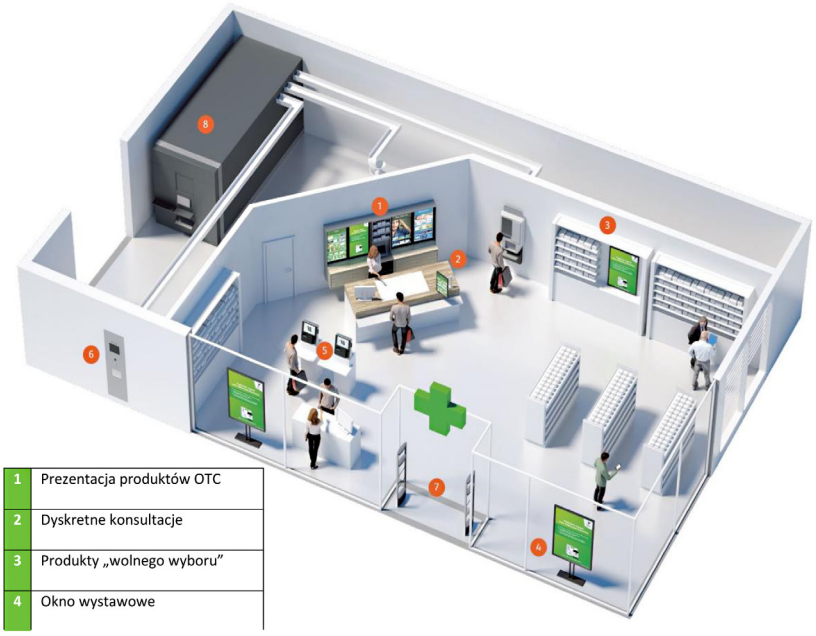
Rysunek 1. Roboty apteczne
Źródło: Fablox, 2023; Rxbotics Solution, 2023b.

[4] Asortyment produktów leczniczych dopuszczonych do obrotu w punktach aptecznych oraz placówkach obrotu pozaaptecznego jest ograniczony wykazem na podstawie stosownego rozporządzenia ministra właściwego do spraw zdrowia (Ustawa Prawo farmaceutyczne, Dz. U. 2001, Nr 126, poz. 1381. Por. Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie wykazu substancji czynnych wchodzących w skład produktów leczniczych, które mogą być dopuszczone do obrotu w placówkach obrotu pozaaptecznego oraz punktach aptecznych, oraz kryteriów klasyfikacji tych produktów do poszczególnych wykazów, Dz. U. 2021, poz. 1656).

Automatyzacja procesu magazynowania i dostarczania produktów farmaceutycznych bezpośrednio do stanowiska obsługi farmaceuty usprawnia cały proces obsługi i zwiększa jego bezpieczeństwo minimalizując ryzyko wydania błędnego leku.

Zautomatyzowana apteka – apteka przyszłości

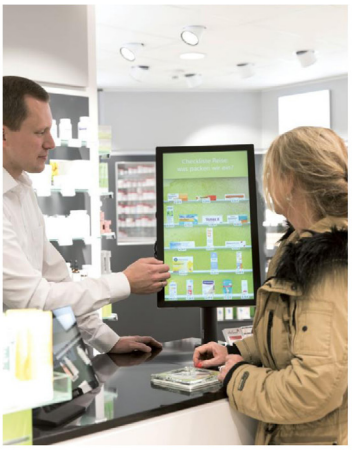
Automatyzacja procesów magazynowania i dostarczania produktów farmaceutycznych oraz wsparcie technologiczne procesu wytwarzania leków recepturowych i aptecznych zwiększają efektywności operacyjna apteki, umożliwiając alokację zasobów kadrowych na bardziej wymagające kierunki działania. Nowoczesna aranżacja lokalu apteki pozwala maksymalnie wykorzystać jej potencjał do adaptacji innowacji techniczno-technologicznych oferując klientom (pacjentom) możliwość świadczenia usług farmaceutycznych w celu zaspokojenia nie tylko indywidualnych potrzeb zdrowotnych, lecz również potrzeb technicznych i wrażeń estetycznych. Dodatkowe wsparcie procesu komunikacji za pomocą odpowiednio przygotowanych treści edukacyjnych, prezentowanych poprzez dotykowe ekrany cyfrowe, pozwala stworzyć system apteki przyszłości, w którym wykorzystuje się synergiczne multimedialne wsparcie procesu obsługi pacjenta (rysunek 2).



Rysunek 2. Synergiczne multimedialne wsparcie obsługi klienta w aptece przyszłości

Źródło: Rxbotics Solution, 2023a.

Digitalizacja procesów komunikacji, prezentacji i obsługi klienta pozwala tworzyć elastyczne treści i zarządzać procesem komunikacji z jednego miejsca, umożliwiając multimedialną prezentację produktów w ramach prowadzonych interaktywnych konsultacji (rysunek 3).



Rysunek 3. Multimedialne wsparcie prezentacji produktów w procesie interaktywnych konsultacji

Źródło: Rxbotics Solution, 2023a.

Techniczno-technologiczne wsparcie obsługi klienta pozwala zwizualizować przekazywane treści edukacyjne ułatwiając farmaceucie rekomendowanie określonych produktów, albowiem może on zaprezentować klientowi (pacjentowi) krótki film szkoleniowy przedstawiający właściwości produktu oraz sposoby jego stosowania. Zamówione produkty klient może odebrać w dowolnym czasie za pomocą zautomatyzowanego terminalu odbioru produktów (rysunek 4).



Rysunek 4. Terminal odbioru produktów
Źródło: Rxbotics Solution, 2023c; Rxbotics Solution, 2023a.

Zautomatyzowane terminale odbioru produktów umożliwiają odbiór poza godzinami pracy apteki produktów niedostępnych w aptece w trakcie wizyty pacjenta (automat może być ulokowany poza strefa sprzedaży apteki z terminalem wychodzącym poza jej lokal, a produkty zamówione *on-line* można odebrać w automacie ulokowanym w strefie sprzedaży, bez konieczności oczekiwania w kolejce do farmaceuty.

Aranżacja lokalu apteki, względnie jej automatyzacyjna modernizacja w oparciu o robotyzację procesu magazynowania i dostarczania produktów farmaceutycznych oraz digitalizację komunikacji z klientem pozwalają zwiększyć efektywność operacyjną procesu świadczenia usług farmaceutycznych poprzez optymalizację zarządzania asortymentem apteki i racjonalizację procesu obsługi klienta. Korzyścią dla apteki może być wzrost liczby odwiedzających i korzystających z usług apteki klientów, albowiem digitalizacja usług otwiera aptekę na nowe grupy nabywców, dla których istotna jest możliwość dokonania szybkich zakupów, bez konieczności oczekiwania w kolejce do punktów obsługi czy punktów konsultacyjnych.

Podsumowanie

Specyfika procesu świadczenia usług farmaceutycznych w aptece ogólnodostępnej stwarza przestrzeń do wsparcia przedmiotowego procesu nowoczesnymi rozwiązaniami techniczno-technologicznymi. Część z tych rozwiązań, zwłaszcza dotyczących zdarzeń medycznych (Elektroniczna Platforma Gromadzenia, Analizy i Udostępniania Zasobów Cyfrowych o Zdarzeniach Medycznych), monitorujących obrót produktami leczniczymi (Zintegrowany Systemem Monitorowania Obrotu Produktami Leczniczymi) i warunki przechowywania (system monitorowania temperatury i wilgotności) oraz ułatwiających rozliczanie refundacji z właściwym miejscowo wojewódzkim oddziałem Narodowego Funduszu Zdrowia (System Zarządzania Obiegiem Informacji) jest stosowana obligatoryjnie, albowiem apteki zostały zobligowane do ich implementacji na mocy postanowień ustawowych.

Reguły gry rynkowej i charakter procesów konkurencyjnych natomiast skłoniły organy prowadzące apteki do fakultatywnych inwestycji w zakup nowoczesnym urządzeń wspomagających personel fachowy w wykonywaniu codziennych obowiązków. Zastosowanie robotów aptecznych, systemów miksujących, kapsułkarek, loży laminarnych, sterylizatorów, cyfrowych ekranów multimedialnych oraz kas samoobsługowych i terminali odbioru produktów ma za zadanie zwiększyć jakość usług farmaceutycznych i przyspieszyć proces wytwarzania leków recepturowych i aptecznych odciążając personel fachowy apteki m.in. od wykonywania powtarzalnych i monotonnych czynności. Umożliwia to farmaceucie efektywniejsze zarządzanie swoim czasem pracy, który może wykorzystać na prowadzenie konsultacji farmaceutycznych z pacjentem lub sprawowanie opieki farmaceutycznej.

Innowacyjna technologia wymaga od farmaceuty rozwoju kompetencji technicznych związanych z obsługą komputerowych programów aptecznych oraz urządzeń wsparcia techniczno-technologicznego. Farmaceuta obecnie rzadko

wykorzystuje tradycyjne moździerze do ucierania np. maści, albowiem tego typu powtarzalne czynności są wykonywane przez zautomatyzowane systemy miksujące. Umiejętność obsługi tego typu urządzeń jest już koniecznością i wyznacza nowy standard kompetencji farmaceuty. Rozwój nowoczesnych technologii będzie w przyszłości stopniowo zmieniał zakres kompetencji farmaceutów, których część obowiązków fachowych zostanie przejęta przez urządzenia funkcjonujące na algorytmach sztucznej inteligencji. Jak słusznie wskazuje ChatGPT na obecnym rozwoju sztucznej inteligencji „automatyzacja w aptekach może obejmować pewne zadania, takie jak składanie recept, kontrola stanów magazynowych, czy obsługa automatycznych systemów pakowania leków. Jednak rola farmaceuty to nie tylko dostarczanie leków, ale także udzielanie porad i pomocy pacjentom w zrozumieniu ich leczenia, interakcji leków, skutków ubocznych itp. W tej dziedzinie ludzka interakcja i wrażliwość są nadal niezastąpione" (ChatGPT, 2023).

Literatura

Artykuły i pozycje książkowe

1) Banaczkowska-Duda, E., Chodkowska, A. (2018). Kapsułkarka ręczna w recepturze aptecznej. *Aptekarz Polski*, 138 (116e), 29-34.
2) Kamsoft. (2023). *System Zarządzania Obiegiem Informacji (SZOI). Moduł apteki.* Instrukcja użytkownika systemu – System Zarządzania Obiegiem Informacji (SZOI). Katowice.
3) Mełgieś, K., Miaskowska-Daszkiewicz, K. (2019). Wykorzystanie systemów informacji w nadzorze nad dostępnością i dystrybucją produktów leczniczych. W: I. Lipowicz, G. Szpor, M. Świerczyński (red.), *Telemedycyna i e-zdrowie. Prawo i informatyka* (218-242). Warszawa: Wolters Kluwer.
4) Merks, P., Szczęśniak, K., Fedorowicz, O., Olszewska, A., Jakóbczyk, P., Kozłowska-Wojciechowska, M. (2013). Robotyzacja w aptece jako czynnik wspierający w prowadzeniu pełnej opieki farmaceutycznej. *Farmacja Polska*, 69 (7), 408-416.

Źródła internetowe

1) CEZ. Centrum e-Zdrowia. (2023). *System e-zdrowie (P1)*. Pobrane z: https://www.cez.gov.pl (dostęp: 17.07.2024).
2) ChatGPT. (2023). *Kiedy roboty zastąpią farmaceutę w procesie świadczenia usług farmaceutycznych?* Pobrane z: https://chat.openai.com (dostęp: 17.07.2024).
3) Fablox. (2023). Fablox 2.0. Pobrane z: https://fablox.pl (dostęp: 17.07.2024).
4) Kowal. Krajowa Organizacja Weryfikacji Autentyczności Leków. (2023). *Krajowa Organizacja Weryfikacji Autentyczności Leków*. Pobrane z: https://www.nmvo.pl (dostęp: 17.07.2024).
5) Rxbotics Solution. (2023a). *Present and Sell. BD Rowa™*. Pobrane z: https://rxbotics.pl (dostęp: 17.07.2024).

6) Rxbotics Solution. (2023b). *Roboty apteczne BD Rowa*. Pobrane z: https://rxbotics.pl/ (dostęp: 17.07.2024).
7) Rxbotics Solution. (2023c). *The BD Rowa™ Plus for Your Pharmacy*. Pobrane z: https://rxbotics.pl (dostęp: 17.07.2024).

Akty prawne

1) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 30.09.2002 w sprawie szczegółowych wymogów, jakim powinien odpowiadać lokal apteki (Dz. U. 2002, nr 171, poz. 1395, ze zm.).
2) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 21.12.2021 w sprawie wykazu substancji czynnych wchodzących w skład produktów leczniczych, które mogą być dopuszczone do obrotu w placówkach obrotu pozaaptecznego oraz punktach aptecznych, oraz kryteriów klasyfikacji tych produktów do poszczególnych wykazów (Dz. U. 2022, poz. 208).
3) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 27.10.2022 w sprawie podstawowych warunków prowadzenia apteki (Dz. U. 2022, poz. 2363, ze zm.).
4) Ustawa z 6.09.2001 Prawo farmaceutyczne (Dz. U. 2001, nr 126, poz. 1381, ze zm.).
5) Ustawa z 28.04.2011 o systemie informacji w ochronie zdrowia (Dz. U. 2011, nr 113, poz. 667, ze zm.).



ISBN 978-83-68103-08-3