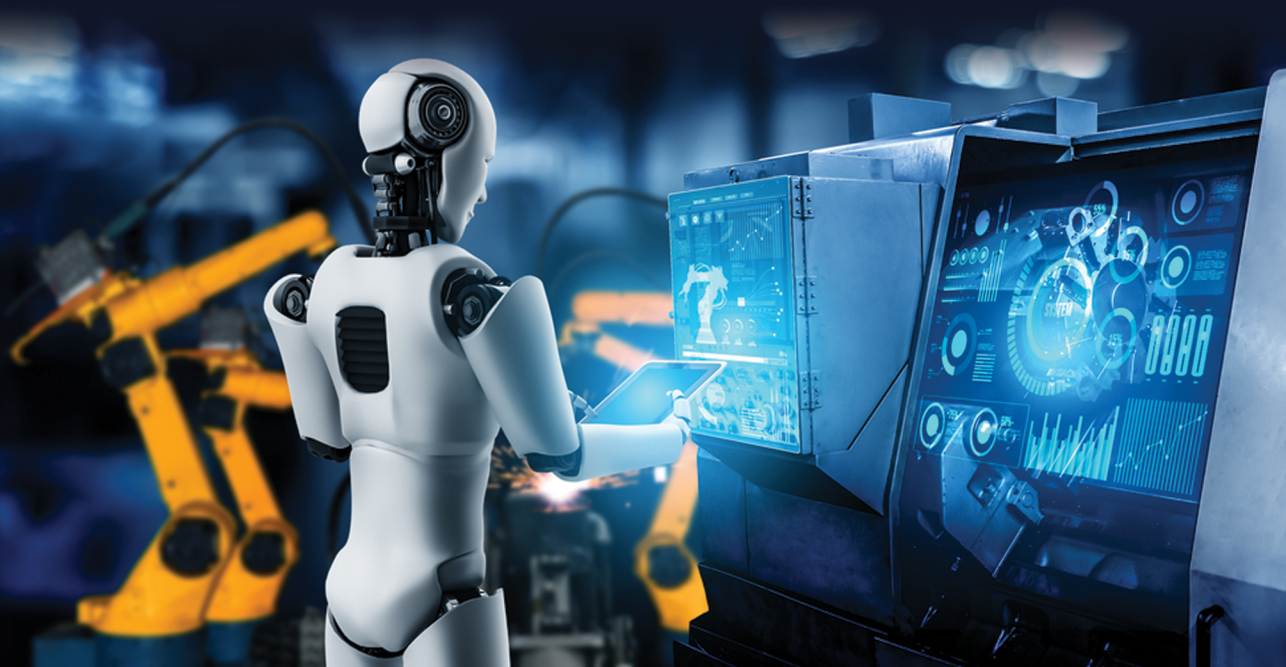


Sztuczna inteligencja i automatyzacja procesów biznesowych

Redakcja naukowa

Małgorzata Pañkowska

Anna Sołtysik-Piorunkiewicz



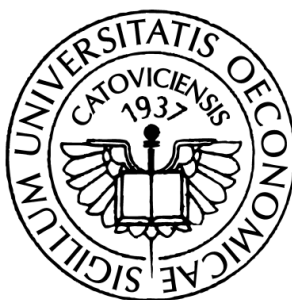
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego
w Katowicach

SZTUCZNA INTELIGENCJA I AUTOMATYZACJA PROCESÓW BIZNESOWYCH

Redakcja naukowa

Małgorzata PAŃKOWSKA

Anna SOŁTYSIK-PIORUNKIEWICZ



Katowice 2025

Komitety redakcyjny

Tomasz Ingram (przewodniczący), Monika Ogrodnik (sekretarz),
Agata Austen, Monika Kulikowska-Pawlak, Małgorzata Pańkowska,
Aleksandra Pethe, Jacek Pietrucha, Anna Skórska, Marzena Strojek-Filus,
Edyta Szafranek-Stefaniuk, Tomasz Wachowicz, Ewa Ziemia

Recenzenci

Dorota Jelonek
Witold Chmielarz

Redakcja i korekta językowa

Beata Kwiecień

Skład tekstu

Marzena Safian

Projekt okładki

Emilia Gumulak

Ilustracja na okładce © BiancoBlue – Photogenica

ISBN 978-83-7875-940-9

doi.org/10.22367/uekat.9788378759409

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach 2025



Publikacja na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowa
(CC BY 4.0), <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.pl>



WYDAWNICTWO UNIwersYTETU EKONOMICZNEGO W KATOWICACH
ul. 1 Maja 50, 40-287 Katowice, tel.: +48 32 257-76-33
<http://www.wydawnictwo.ue.katowice.pl>, e-mail: www.wydawnictwo.ue.katowice.pl
Facebook: @wydawnictwouekatowice



SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
1. Korzyści wynikające z digitalizacji procesów organizacji z zastosowaniem narzędzi Low-Code/No-Code (<i>Edyta Abramek</i>)	13
2. Chatboty jako narzędzie wspierające komunikację w uczelniach wyższych (<i>Anna Adamczyk</i>)	38
3. AI-assisted creation and evaluation of academic IT projects (<i>Jiri Balej</i>)	63
4. Eksploracja metod uczenia maszynowego do weryfikacji adresów celem usprawnienia procesu zarządzania danymi organizacji (<i>Karol Chlasta, Jacek Mańko</i>)	75
5. Uwarunkowania zarządzania procesami w rozwoju organizacji (<i>Witold Chmielarz, Anna Sołtysik-Piorunkiewicz</i>)	85
6. Zastosowanie uczenia maszynowego i rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu (<i>Adam Chomicki, Helena Dudycz</i>)	113
7. Different aspects of using artificial intelligence in organizations – challenges, benefits and good practices (<i>Beata Detyna, Piotr Sylwestrzak</i>)	127
8. Wykorzystanie technologii kognitywnej Hierarchical Temporal Memory we wspomaganiu procesu nauczania zdalnego w uczelniach wyższych (<i>Marcin Hernes, Anna Rojewska, Natalia Krzysik</i>)	144
9. Samoorganizacja podstawą automatyzacji w Przemysle 5.0 (<i>Marek Jabłoński</i>)	155

10. Automatyzacja procesu deklaracji celnej na przykładzie międzynarodowej firmy logistycznej (<i>Maciej Krzan, Helena Dudycz, Maciej Suchomski</i>).....	170
11. Artificial intelligence, cybersecurity, data privacy, and the EU regulatory landscape (<i>Blerta Leka (Moćka), Daniel Leka</i>).....	189
12. Contributions to specifying the Ontology-Driven Software Development process (<i>Artur Machura</i>)	206
13. Marnotrawstwo cyfrowe na przykładzie szkół wyższych (<i>Justyna Maciąg</i>)	229
14. Znaczenie procesów biznesowych w świetle nowych paradygmatów organizacji inteligentnych (<i>Patryk Morawiec</i>).....	244
15. Problem alokacji zasobów w procesach biznesowych – możliwości zastosowania metod głębokiego uczenia ze wzmocnieniem (<i>Michał Ostapowicz, Piotr Gawrysiak</i>)	257
16. Przepływ pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym (<i>Joanna Palonka</i>)	268
17. Reprezentowanie w BPMN czynności wykonywanych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji (<i>Przemysław Polak</i>).....	290
18. Wprowadzenie do Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) w organizacji zarządzanej procesowo (<i>Andrzej Sołtysik, Magdalena Sołtysik</i>)	300
19. Przegląd współczesnych tendencji doboru i wdrażania systemów informatycznych oraz rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji w polskim przemyśle (<i>Adrian Stelmach</i>)	327
NOTA O AUTORACH	341



WSTĘP

Obecnie świadomość wartości zasobów wiedzy i możliwości związanych ze sztuczną inteligencją do ich zarządzania oraz wdrożenia rozwiązań automatyzacji procesów biznesowych staje się coraz powszechniejsza w organizacjach. Odnosi się to zarówno do procesów dotyczących podstawowej działalności firm, jak i wszystkich innych procesów w przedsiębiorstwie. Stają się one coraz bardziej zautomatyzowane i są wspierane przez systemy wykorzystujące sztuczną inteligencję do usprawnienia ich realizacji. Ze względu na różnorodność podejść do automatyzacji procesów biznesowych oraz istnienie dużej ilości aplikacji sztucznej inteligencji w różnych zastosowaniach niniejsza monografia skupia się z jednej strony na wykorzystaniu aktualnie dostępnych narzędzi programistycznych oraz tych, które pozwalają na bezkodowe oprogramowanie procesu biznesowego, a z drugiej strony pokazuje analizy i zastosowanie bardziej złożonych algorytmów sztucznej inteligencji w biznesie.

Z punktu widzenia konkretnej organizacji, zazwyczaj można zauważyć różnorodność zachodzących w niej procesów m.in. pod względem ich złożoności i liczby przetwarzanych danych. Organizacje, funkcjonując w zmieniającym się otoczeniu oraz dostosowując się do wymagań rynku, klientów, jak i pozostałych interesariuszy zapewniających sukces w biznesie, oczekują rozwiązań bazujących na modelach opartych na wiedzy oraz rekomendacji stanowiących wyniki badań.

Zintegrowanie procesów biznesowych oraz zastosowanie sztucznej inteligencji, automatyzacji i robotyzacji daje możliwość poprawy wsparcia zrównoważonego rozwoju, a także ograniczenia ryzyka związanego z nieprzewidywalnością otoczenia. Organizacje, stosując narzędzia oparte na sztucznej inteligencji do zarządzania wiedzą, stoją przed wyzwaniami dotyczącymi zarządzania dynamiką zmian procesów, zmieniającymi się oczekiwaniami w zakresie kompetencji związanych z wiedzą pracowników, a także bezpieczeństwem przetwarzanych danych i informacji.

Wspomniany powyżej trend zwiększonej automatyzacji zapewniany przez najnowsze systemy informatyczne z wykorzystaniem automatyzacji i sztucznej inteligencji stanowi podstawę rozważań zawartych w niniejszej monografii naukowej. Jest ona wynikiem prac trzydziestu autorów z wiodących uczelni w Polsce, a także reprezentujących międzynarodowe ośrodki badawcze zajmujące się rozwojem tych zagadnień.

Książka składa się z 19 rozdziałów. Rozdział pierwszy opisuje zagadnienia związane z potrzebą digitalizacji procesów w organizacjach i zainteresowaniem platformami LCNC (LowCode/No-Code). Zawarte w nim rozważania skupiają się na zastosowaniu narzędzi LCNC przez osoby nieznające się na programowaniu lub posiadające jedynie podstawową wiedzę dotyczącą języków programowania.

Drugi rozdział przedstawia chatboty jako narzędzie wspierające komunikację na uczelniach wyższych. Jego celem jest zaprezentowanie znaczenia komunikacji na uczelniach wyższych w kontekście jakości usług edukacyjnych oraz podkreślenie wzrostu roli komunikacji cyfrowej. Autorka wskazuje na chatboty jako narzędzia automatyzacji komunikacji uczelni wyższych, a także przytacza przykłady w zakresie ich wykorzystania jako narzędzia wspomagającego zarządzanie komunikacją w celach organizacyjnych i administracyjnych.

Trzeci rozdział skupia się na zastosowaniu generatywnej sztucznej inteligencji do oceny projektów informatycznych realizowanych przez studentów w ramach zajęć na uczelniach wyższych. Wyniki badań pokazują efektywność oceniania projektów z zastosowaniem sztucznej inteligencji oraz wykorzystania sztucznej inteligencji w ich tworzeniu dla podniesienia jakości prac związanych z procesem uczenia się i ich ocenienia.

Czwarty rozdział koncentruje się wokół tematyki zarządzania informacjami i przedstawia wyniki eksploracji nowego, opartego na uczeniu maszynowym, podejścia do poprawy jakości danych w systemach informacyjnych organizacji. W rozdziale opisano nowy sposób, w jaki algorytmy uczenia maszynowego mogą poprawić zarządzanie informacjami w organizacjach poprzez zastosowanie ich do zautomatyzowanej weryfikacji adresów. Autorzy omawiają wyniki zastosowania dziesięciu algorytmów uczenia maszynowego osiągających dokładność klasyfikacji równą 71% i wyniki metryki F1 na poziomie 76% (Maszyna wektorów nośnych, 10-krotna walidacja krzyżowa), przy użyciu różnych metod generowania i redukcji cech modelu, na milionowym zbiorze danych adresowych z bazy danych kodów pocztowych w Wielkiej Brytanii (Postcode Address File, PAF). Prezentowane rozwiązanie może być wykorzystywane w projektach migracji lub integracji danych albo w celu poprawy jakości danych

adresowych w informatycznych systemach wspomagających zarządzanie, takich jak CRM, ERP czy HRM.

Piąty rozdział charakteryzuje czynniki wpływające na wykorzystanie zarządzania procesami oraz modelowanie procesów w rozwoju organizacji w Polsce. Uzyskane wyniki pozwoliły zwrócić uwagę na przesunięcie akcentów z czynników technicznych na personalne i organizacyjne. Implikacją przeprowadzonego badania była specyfikacja determinant i wyzwań zarządzania procesami w nowoczesnej organizacji, w tym wykorzystania chatbotów dla unowocześnienia procesów. Oryginalność badań polega na analizie całościowej i analizie porównawczej opinii obu analizowanych grup populacji według płci. Dzięki temu wnioski z badania mogą służyć zarówno usprawnieniu działalności funkcjonujących w gospodarce organizacji, jak i dostosowaniu procesów dydaktycznych w zakresie Business Process Management do wymogów praktyki gospodarczej.

Szósty rozdział pokazuje użycie metod uczenia maszynowego w procesie recyklingu. Jego celem jest przedstawienie wyników przeprowadzonego badania dotyczącego identyfikacji studiów przypadków zastosowania metod uczenia maszynowego i rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu.

Siódmy rozdział opisuje wyzwania i korzyści wynikające z zastosowania sztucznej inteligencji w zarządzaniu procesami biznesowymi (Business Process Management) na podstawie analizy przykładów. W rozdziale zawarto wnioski dotyczące badań zastosowania technologii sztucznej inteligencji w kontekście BPM w celu mapowania procesów, zwiększania elastyczności procesów, analizowania wzorców danych i automatyzowania powtarzających się zadań.

Ósmy rozdział przedstawia potrzebę opracowania koncepcji wykorzystania technologii kognitywnej Hierarchical Temporal Memory (HTM) we wspomaganiu procesów realizowanych w uczelniach wyższych, w szczególności procesu nauczania zdalnego w związku z szybkim rozwojem technologii i zmieniającymi się oczekiwaniami studentów. Technologie kognitywne, dzięki swojej zdolności do analizy dużych ilości danych, automatycznego uczenia się i generowania inteligentnych rekomendacji, umożliwiają również wspomaganie funkcjonowania uczelni wyższych. Opierając się na sztucznej inteligencji i uczeniu maszynowym, oferują także nowe możliwości poprawy jakości nauczania, personalizacji edukacji, automatyzacji procesów administracyjnych oraz efektywnego zarządzania wiedzą, w tym w zakresie nauczania zdalnego.

Dziewiąty rozdział dotyczy procesów automatyzacji związanych z rozwojem cywilizacyjnym, a ściślej postępowaniem technicznym procesów pracy, a także wskazuje przykłady pomysłów biznesowych, koncepcji teoretycznych i artefaktów tworzonych na potrzeby automatyzacji we współczesnych czasach.

Dziesiąty rozdział prezentuje przykład automatyzacji procesu biznesowego. Jego celem jest przedstawienie zaproponowanej modyfikacji procesu deklaracji celnej poprzez zautomatyzowanie czynności dotychczas wykonywanych przez pracownika na przykładzie międzynarodowej firmy logistycznej. Zaprezentowano w nim koncepcję zastosowania sztucznej inteligencji do usprawnienia procesu.

Jedenasty rozdział charakteryzuje zastosowanie sztucznej inteligencji (AI) do rozwoju systemów komputerowych poświęconych tworzeniu inteligentnych agentów zdolnych do rozumowania, uczenia się i autonomicznego działania, obejmując takie poddziedziny, jak uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego, robotyka i widzenie komputerowe.

Dwunasty rozdział opisuje wyzwania, przed jakimi staje wykonawca i interesariusze projektu IT. Autor skupia uwagę na procesie produkcyjnym Ontology-Driven Software Development (ODSD), jego metodach i artefaktach projektowych. Opracowanie podkreśla znaczenie pracy projektowej obejmującej współpracę interesariuszy z wykonawcami projektu oraz pozostałych wyzwań w cyklu życia projektu informatycznego.

W trzynastym rozdziale zaprezentowano uwarunkowania działania szkół wyższych na podstawie obecnych oczekiwań w związku z zapewnieniem sprawności działania oraz wysokiej jakości usług przy racjonalnym wydatkowaniu funduszy publicznych. Od lat 90. XX wieku uczelnie w celu doskonalenia systemów i procesów zarządzania z powodzeniem wdrażają metody i techniki zarządzania, takie jak lean management czy lean six sigma. Celem rozdziału jest stworzenie modelu koncepcyjnego do badania marnotrawstwa cyfrowego w szkołach wyższych, rozpoznania kategorii digital waste oraz usystematyzowanie wiedzy na ten temat w odniesieniu do szkół wyższych. Przedstawiono definicję marnotrawstwa cyfrowego, czyli digital waste, jego źródła i rekomendacje w zakresie eliminacji w szkołach wyższych.

Czternasty rozdział porusza temat tworzenia, modelowania i zarządzania procesami biznesowymi zachodzącymi w organizacjach inteligentnych oraz ich znaczenie w funkcjonowaniu tego rodzaju organizacji. Celem rozdziału jest scharakteryzowanie procesów zachodzących w organizacjach inteligentnych, a także porównanie ich z procesami zachodzącymi w organizacjach tradycyjnych. Opracowanie ma charakter rozważań teoretycznych. Opisano w nim poszczególne paradygmaty organizacji inteligentnych, omówiono również znaczenie wiedzy we współczesnej gospodarce, zagadnienie procesów biznesowych w zakresie definiowania, modelowania oraz automatyzacji. Rozdział zawiera także studium porównawcze realizacji procesów biznesowych w tradycyjnych i inteligentnych organizacjach, jak również wskazuje potencjalne kierunki rozwojowe procesów w organizacjach na podstawie współczesnych problemów społeczno-gospodarczych.

W piętnastym rozdziale zwrócono uwagę na istotę zarządzania procesami biznesowymi (BPM), które obejmuje dużo narzędzi i metodyk dedykowanych do wdrażania i nadzorowania operacyjnych procesów biznesowych. Wiele organizacji wykorzystuje techniki i narzędzia BPM w celu zwiększenia efektywności i wydajności. Zarządzanie zasobami odgrywa przy tym kluczową rolę w ramach BPM – przy czym zasób rozumiany jest tutaj jako agent odpowiedzialny za działania związane z procesami biznesowymi. Najczęściej gdy rozważany jest problem właściwej, tj. optymalnej alokacji zasobów, przyjmuje się, iż rolę tychże pełnią ludzie. Należy przy tym jednak zaznaczyć, iż rolę zasobów mogą także pełnić materialne składniki majątku organizacji (np. maszyny), a nawet niematerialne (np. oprogramowanie czy też aktywa finansowe). Pomimo swojego znaczenia w usprawnianiu procesów, alokacja zasobów, z racji na trudność opracowania efektywnych metod, znajdowała się poza zakresem głównych badań BPM. Dopiero zmiany – takie jak dostępność stosunkowo tanich usług obliczeń wielkoskalowych czy też wzrastająca popularność technik robotyzacji (RPA) i analizy procesów (*process mining*) – spowodowały wzrost zainteresowania tą kwestią w ciągu ostatniej dekady, co jest widoczne choćby w rosnącej liczbie opublikowanych artykułów naukowych. Autorzy rozdziału przedstawili prace eksperymentalne przeprowadzone w ramach prac grupy badawczej analityki procesowej Politechniki Warszawskiej (WUT Process Mining Group), badając możliwości zastosowania metod sztucznej inteligencji do rozwiązania problemu alokacji zasobów przy uwzględnieniu czynników wzmiankowanych powyżej, w tym w szczególności głębokiego uczenia ze wzmocnieniem (*deep reinforcement learning*). Prace te wykazały, iż zastosowanie uczenia ze wzmocnieniem możliwe jest w przypadku niewielkiej skali procesów syntetycznych, kolejne eksperymenty dotyczyły zaś już rzeczywistych procesów biznesowych, reprezentowanych przez dane w postaci logów zdarzeń (*event logs*) z repozytoriów projektu CoSeLog.

Według autorki szesnastego rozdziału podstawowym warunkiem sprawnego i efektywnego funkcjonowania współczesnych organizacji jest dostęp do odpowiednich danych oraz właściwe zarządzanie nimi. Poziom świadomości i kompetencji menadżerów w zakresie wykorzystania ICT jest coraz wyższy. W związku z tym proponowanym rozwiązaniem jest model samoobsługowy na podstawie pracy typowego analityka biznesowego, czyli osoby przeprowadzającej analizy w organizacji. Celem opracowania jest zaprezentowanie koncepcji takiego modelu.

Siedemnasty rozdział opisuje wykorzystanie sztucznej inteligencji w zakresie szeroko pojętego zarządzania procesami biznesowymi, biorąc pod uwagę dwa główne obszary. W pierwszym sztuczna inteligencja może zostać zastoso-

wana w zakresie ogólnego zarządzania procesami biznesowymi, usprawnienia samego zarządzania procesami biznesowymi, w tym np. identyfikacji procesów biznesowych, eksploracji procesów, symulacji, pomiaru efektywności, automatycznego modelowania itp. W węższym zakresie użycie sztucznej inteligencji odnosi się do obszaru określanego jako automatyzacja i robotyzacja procesów biznesowych. Dotyczy więc wykonania procesu biznesowego z wykorzystaniem narzędzi sztucznej inteligencji. Obserwowana sytuacja uzasadnia pytanie czy standard modelowania procesów biznesowych, mający już w aktualnej wersji kilkanaście lat, odpowiada współczesnym potrzebom. Celem rozdziału jest analiza notacji BPMN, a także rozważenie zasadności wprowadzenia rozszerzeń do notacji, pozwalających eksponować czynności w procesie wykonywane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji.

Osiemnasty rozdział skupia się na cyfryzacji zasobów związanych z realizacją procesów biznesowych w organizacji i bezpieczeństwu informacji, które stanowi bardzo ważny obszar funkcjonowania organizacji. Realizowane przez organizację procesy różnią się od siebie. Przemieszczanie towarów z miejsca produkcji do miejsca konsumpcji, stany magazynowe, trasy transportowe oraz dane klientów firmy są widoczne, namacalne, można je wycenić. Natomiast w przypadku przepływu informacji proces ten nie jest fizycznie widoczny. W przestrzeni cyfrowej obie te grupy są reprezentowane w podobny sposób. Wspomaganie zarządzania informacją jest niezwykle ważne, ponieważ efektywność systemu informacyjnego ma duży wpływ na sukces każdego przedsięwzięcia. Firmy, które zdają sobie sprawę z kluczowego znaczenia bezpieczeństwa i ochrony informacji w realizacji swoich działań, a także chcą wzmacniać swoją konkurencyjność na rynku, starają się wdrażać i utrzymywać jak najlepsze rozwiązania w tym zakresie. W takich okolicznościach niezmiernie ważne staje się wdrożenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) zgodnego z normą ISO/IEC 27001, który może w dużym stopniu przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i efektywności operacyjnej firmy. Celem rozdziału jest przybliżenie roli, jaką spełniają Systemy Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji we współczesnych organizacjach.

Dziewiętnasty ostatni rozdział dotyczy rozwoju przemysłu, szczególnie Przemysłu 4.0, nierozzerwalnie związanego z cyfryzacją oraz wdrażaniem nowych technologii. W erze Przemysłu 4.0 przedsiębiorstwa produkcyjne muszą nieustannie adaptować się do zmieniających się warunków rynkowych, rosnących wymagań konsumentów oraz postępu technologicznego. Cyfryzacja i integracja zaawansowanych systemów informatycznych stają się więc kluczowymi czynnikami zwiększającymi konkurencyjność, poprawiającymi efektywność produkcji oraz przyczyniającymi się do zrównoważonego rozwoju. Sztuczna inteli-

gencja również odgrywa coraz większą rolę w przemyśle, oferując szerokie możliwości: optymalizację procesów produkcyjnych, zapobieganie awariom i przestojom oraz szczegółową analizę danych. Na podstawie badań wiadomo, że znaczenie technologii cyfrowych w przemyśle rośnie. Z raportu Gartnera „2024 Tech Trends in Manufacturing” wynika, że ponad połowa producentów planuje zwiększyć swoje wydatki na oprogramowanie o 10% lub więcej w porównaniu z poprzednim rokiem. Rozdział ten, opierając się na aktualnych badaniach i raportach, przedstawia tendencje w zakresie wdrażania systemów informatycznych oraz AI w obszarze przemysłowym. Zaprezentowano kluczowe dla sektora produkcyjnego systemy informatyczne, takie jak: ERP, MES, WMS, CMMS i SCADA. Omówiono motywacje i obawy przed implementacją nowych technologii oraz istotne elementy optymalnego procesu zakupowego technologii cyfrowych. Ponadto wskazano kluczowe obszary do opracowania przed wdrożeniem sztucznej inteligencji w zakładzie produkcyjnym.

Wszyscy autorzy wyrażają ogromne podziękowanie Recenzentom za cenne uwagi i komentarze do poszczególnych rozdziałów i całej monografii oraz Komitetowi Wydawniczemu i Wydawnictwu Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach za wszelką pomoc związaną z opracowaniem i udoskonaleniem ostatecznej postaci monografii, którą z wielką dumą i radością oddajemy w ręce naszych czytelników.

*Małgorzata Pańkowska
Anna Softysik-Piorunkiewicz*

Korzyści wynikające z digitalizacji procesów organizacji z zastosowaniem narzędzi Low-Code/No-Code

Wprowadzenie

W związku z tym, że potrzeba digitalizacji procesów w organizacjach rośnie, a jednocześnie brak jest wystarczającej liczby programistów, zwiększa się zainteresowanie platformami LCNC (LowCode/No-Code). Narzędzia LCNC mają tę zaletę, iż pozwalają na tworzenie oprogramowania w sposób wizualny z zastosowaniem graficznych interfejsów i technik „przeciągnij i upuść”, a co za tym idzie mogą z nich także korzystać, po przeszkoleniu, osoby nieznające się na programowaniu lub posiadające jedynie podstawową wiedzę dotyczącą języków programowania. Platformy LCNC różnią się ze względu na wspierane przez nie elementy i aspekty tworzenia aplikacji: frontend, backend, workflow, integration, framework, database operations, data visualization [Luo i in., 2021]. Ponadto można je podzielić uwzględniając typy aplikacji, które wspierają, czyli webowe, mobilne, z zakresu integracji i inne, lub biorąc pod uwagę obszar zastosowań: e-commerce, BPM, social media, CRM, CMS, ETL, entertainment, RPA, medical i inne [Luo i in., 2021]. Głównym zastosowaniem platform LCNC jest digitalizacja (*digitalisation*) procesów biznesowych, czyli przekształcanie ich z analogowych wersji w cyfrowe. Digitalizacja, a wraz z nią postępująca automatyzacja przynosi wiele korzyści dla firm. Identyfikacja korzyści wynikających z zastosowania narzędzi LCNC oraz ich klasyfikacja są kluczowymi problemami badawczymi niniejszego rozdziału. Trudno jest dokonać jednoznacznej klasyfikacji korzyści wynikających z wdrażania narzędzi LCNC, ponieważ ich problematyka i popularność w firmach stale się rozwijają, zwłaszcza od początku XXI wieku. Obecnie wchodzi one w drugi etap cyklu życia produktu, tj. wzrostu, co skutkuje rosnącym zainteresowaniem tymi rozwiązaniami w firmach oraz zwiększającą się liczbą ich wdrożeń. Dlatego badania przedstawione w niniejszym rozdziale mają na celu wniesienie wkładu w identyfikację korzyści płynących z wykorzy-

stania narzędzi LCNC w organizacjach, przyczyniając się tym samym do klasyfikacji tychże korzyści. Istnieje bowiem potrzeba uporządkowania informacji, a co za tym idzie pogłębienia wiedzy w tym zakresie.

W niniejszym badaniu zastosowano następujące metody badawcze: 1) analizę literatury, aby zrozumieć teoretyczne podstawy potrzeby badania korzyści z zastosowań narzędzi Low-Code/No-Code (LCNC), 2) studia przypadków firm, które wdrożyły narzędzia LCNC, co dostarczyło empirycznych danych na temat korzyści wynikających z ich zastosowania w firmach oraz 3) prototypowanie, polegające na stworzeniu prototypu aplikacji za pomocą wybranego narzędzia typu LCNC, aby praktycznie ocenić jego funkcjonalności, możliwości oraz korzyści płynące z jego wykorzystania w organizacji. Takie podejście umożliwiło kompleksowe zrozumienie zarówno teoretycznych, jak i praktycznych aspektów zastosowania narzędzi LCNC w organizacjach oraz uporządkowanie korzyści płynących z ich użytkowania.

1.1. Narzędzia programistyczne LCNC i ich rola we wspomaganiu digitalizacji i automatyzacji procesów organizacji

W miarę rozwoju programowania, można dostrzec ewolucję jego metod – od tradycyjnego programowania z zastosowaniem języków programowania, poprzez korzystanie z narzędzi typu RAD (Rapid Application Development, lata 90. XX wieku), do narzędzi Low-Code (przełom pierwszej i drugiej dekady XXI wieku) oraz No-Code (druga i trzecia dekada XXI wieku), odzwierciedlających dążenie do uproszczenia procesu tworzenia oprogramowania. W związku z tym za sprawą platform LCNC obserwuje się przejście od tradycyjnego programowania do programowania wizualnego [LCAPs, 2024]. Narzędzia LCNC zaliczane są do rozwiązań z obszaru programowania wizualnego, co oznacza, że wykorzystują wizualne środowisko tworzenia aplikacji wyposażone w gotowe (predefiniowane) komponenty i funkcje „przeciągnij i upuść”. Łatwość obsługi tych narzędzi sprawia, że są one przyjazne dla osób bez doświadczenia lub z niewielkim doświadczeniem w programowaniu.

Próbę przedstawienia szczegółowej architektury tych platform, uwzględniającą perspektywę statyczną, funkcjonalną, dynamiczną, interakcji, podjęli się w swojej pracy m.in. Bock i Frank [2021, s. 736], a z kolei propozycję klasyfikacji tych platform uwzględniającą podział na 1) Basic Data Management Platforms, 2) Workflow Management Systems, 3) Extended, GUI-, and data-centric

IDEs oraz 4) Multi-Use Platforms for Business Application Configuration, Integration, and Development przedstawili w swojej pracy m.in. Frank, Maier i Bock [2021, s. 31].

Narzędzia Low-Code oferują więcej możliwości niż No-Code, ponieważ potrafią lepiej dostosować funkcjonalności tworzonych aplikacji poprzez użycie języków programowania. Low-Code to platformy niskokodowe dla osób, które posiadają podstawową wiedzę na temat programowania lub potrafią programować. Platformy te charakteryzują następujące cechy:

- wizualne komponenty, które realizują określone funkcje,
- pewna ilość kodu napisanego przez developera (programistę),
- najlepsze zastosowanie na etapie projektowania, wdrażania i administracji,
- przeznaczenie dla informatyka, projektanta, programisty, wdrożeniowca.

Przykładem narzędzi Low-Code są Microsoft Power Apps firmy Microsoft, OutSystems Platform firmy OutSystems, ServiceNow App Engine and Now Platform firmy ServiceNow, Mendix firmy Mendix, należącej do Siemens, czy też WEBCON BPS firmy WEBCON.

No-Code to platformy bezkodowe dla osób, które nie programują, czyli w szczególności dla użytkowników biznesowych. Platformy te charakteryzują następujące cechy:

- wbudowany kreator aplikacji lub wizualne komponenty, które realizują określone funkcje bez konieczności pisania kodu,
- najlepsze zastosowanie na etapie prototypowania,
- przeznaczenie dla analityka, dla programisty obywatelskiego.

Przykładem narzędzi No-Code są SAP Build firmy SAP SE (oferuje także funkcje Low-Code), WEBCON Designer Desk firmy WEBCON [WEBCON Designer Desk, 2024], Google AppSheet firmy Google, czy Adalo firmy Adalo. Narzędzia typu No-Code są z założenia jedynie środowiskiem wizualnym, dedykowanym osobom nietechnicznym albo analitykom biznesu, umożliwiającym im w łatwy sposób stworzenie prototypów dla swoich pomysłów. Przypominają rozwiązania „Plug and Play”, oferują mniej opcji dostosowywania i skalowalności [Johannessen, Davenport, 2021]. Jednakże dzięki nim prototypy są tworzone przez osoby doskonale znające procesy biznesowe organizacji. Poprzez to mogą być one lepiej dostosowane do rzeczywistych potrzeb organizacji. Twórcy prototypów mogą bowiem w pełni skupić swoją uwagę na warstwie logicznej aplikacji, a nie na technicznej.

Wymienione platformy LCNC wspierają procesy digitalizacji i automatyzacji w organizacjach. Narzędzi LCNC jest dużo więcej, co przedstawiają opracowania i raporty analityków takich firm, jak Forrester [Bratincevic i in., 2023] czy Gartner [Matvitsky, Davis, 2024]. Dzięki narzędziom LCNC ciężar tworzenia

wartości dla organizacji zostaje przesunięty w kierunku digitalizacji, automatyzacji, optymalizacji procesów, a nie w kierunku potrzeby zrozumienia technicznych aspektów tworzenia oprogramowania. Narzędzia LCNC zwiększają efektywność i powszechność tworzenia różnego rodzaju oprogramowania. Tradycyjne programowanie, choć oferuje większą elastyczność i kontrolę nad kodem aplikacji, wymaga wiedzy programistycznej i jest czasochłonne, a narzędzia LCNC wraz z jego wizualnym interfejsem i gotowymi komponentami pozwalają na szybkie tworzenie aplikacji i adaptowanie się firm do potrzeb rynku. Narzędzia LCNC wprowadzają w organizacjach niespotykane do tej pory zjawisko, polegające na rozwijaniu umiejętności tworzenia aplikacji wśród pracowników, którzy doskonale znają procesy biznesowe i potrzeby firmy, ale dotąd nie mieli doświadczenia w tworzeniu aplikacji. Takie osoby określa się mianem programistów obywatelskich (*citizen developers*) [Yan, 2021; Berardi i in., 2023]. Programiści obywatelscy pomagają łagodzić problem niedoboru wykwalifikowanych programistów w firmach, zmniejszając obciążenie pracą zespołów IT.

Narzędzia LCNC zaliczane są do kategorii DPA (Digital Process Automation), czyli rozwiązań służących do automatyzacji całych procesów biznesowych. Umożliwiają one automatyzację wielu zadań oraz interakcji między systemami i użytkownikami. Szerszym pojęciem jest BPA (Business Process Automation), które odnosi się do kompleksowej automatyzacji różnorodnych procesów biznesowych w organizacji. BPA integruje różne systemy i działy firmy, wpływając na modyfikacje istniejących rozwiązań oraz struktur organizacyjnych.

Należy zauważyć, że w obliczu dynamicznie postępującej transformacji cyfrowej zmieniają się wymagania i oczekiwania wobec narzędzi LCNC [Woo, 2020]. Jak wskazuje Caseau [2022], cyfrowa transformacja coraz częściej wykorzystuje zasady Lean, firmy współtworzą rozwiązania razem z klientami, korzystając z platform programistycznych, które umożliwiają budowanie dzięki nim tzw. fabryk usług. W przypadku narzędzi LCNC obserwuje się rosnący trend ich integracji z technologiami sztucznej inteligencji (AI, Artificial Intelligence), co pozwala lepiej przewidywać potrzeby użytkowników podczas tworzenia prototypów aplikacji. Przykładem są rozwiązania RPA (Robotic Process Automation), które automatyzują powtarzalne, oparte na regułach zadania, takie jak skrypty czy boty. Dzięki wykorzystaniu IA (Intelligent Automation) możliwe jest połączenie technologii RPA i DPA (Digital Process Automation) ze sztuczną inteligencją, co ułatwia automatyzację złożonych procesów biznesowych. Rozwój oprogramowania oparty na AI może stać się tak powszechny, jak współcześnie korzystanie z poczty elektronicznej. Dodatkowo, jak wskazują Turek, Bogacz i Buła [2020], coraz bardziej widoczny jest trend wykorzystania narzędzi Low-Code w rozwiązaniach opartych na technologii blockchain. Na rynku funkcyj-

ją już platformy Low-Code, które ułatwiają projektowanie i tworzenie aplikacji tego rodzaju.

Niniejsze opracowanie koncentruje się na korzyściach płynących z digitalizacji i automatyzacji procesów biznesowych (*process automation*) w organizacjach z zastosowaniem narzędzi LCNC. Istnieje bowiem potrzeba uporządkowania wiedzy w tym zakresie, w szczególności analizowane będą korzyści wynikające z zastosowania narzędzi LCNC w procesach digitalizacji Wydawnictwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach (dalej: Wydawnictwo UE).

1.2. Metodyka badawcza

Problematyka korzyści wynikających z zastosowania narzędzi LCNC w firmach może stanowić temat rozległych dociekań naukowo-badawczych. W opracowaniu przyjęto następującą tezę, iż: „Korzyści wynikające z wykorzystania narzędzi LCNC w organizacjach są uzależnione od trzech kluczowych aspektów:

- potrzeb organizacji i etapu, na którym organizacja się znajduje (czy potrzeby dotyczą digitalizacji, automatyzacji, robotyzacji, audytowalności, optymalizacji/ulepszenia, integracji procesów),
- zasobów, którymi organizacja dysponuje, czyli ludzkich (programiści, programiści obywatelscy), rzeczowych (narzędzia IT), finansowych (środki na rozwój), informacyjnych (wiedza o potrzebach organizacji),
- a także od wyboru dostawcy platformy LCNC”.

Za cel poznawczy uznano rozpoznanie kategorii potrzeb wybranych polskich firm odnośnie do zastosowań narzędzi LCNC oraz na tej podstawie zidentyfikowanie i przedstawienie korzyści, jakie można uzyskać dzięki digitalizacji i automatyzacji procesów z zastosowaniem narzędzi LCNC (pominięto na tym etapie badań robotyzację, audytowalność, optymalizację i integrację). Celem użytecznym jest z kolei ukazanie możliwości digitalizacji i automatyzacji wybranego procesu Wydawnictwa UE z zastosowaniem narzędzi LCNC wybranej firmy i zaprezentowanie wynikających z tego tytułu korzyści dla organizacji, a także przedstawienie korzyści płynących z digitalizacji i automatyzacji wybranego procesu na tle korzyści w innych firmach.

Poszczególne kroki metodyki badawczej obejmują: 1) sformułowanie pytań badawczych, 2) dobór przypadków, 3) gromadzenie danych, 4) analizę zgromadzonych danych, 5) formułowanie uogólnień, 6) zamknięcie badania. Kroki 3) i 4) są realizowane najpierw w odniesieniu do różnych firm, a następnie w odniesieniu do Wydawnictwa UE (tabela 1).

W związku z przyjętymi w opracowaniu celami, sformułowano następujące pytania badawcze:

- P1. Jakie korzyści płyną z digitalizacji procesów w organizacjach, uwzględniając specyficzne potrzeby organizacji, dostępne zasoby oraz wybór dostawcy narzędzi Low-Code/No-Code?
- P2. W jaki sposób synergia między potrzebami organizacji, jej zasobami a wyborem odpowiedniego dostawcy narzędzi Low-Code/No-Code wpływa na efektywność procesu składania wniosku wydawniczego?
- P3. Jakie korzyści płyną z digitalizacji i automatyzacji procesu składania wniosku wydawniczego?
- P4. Jakie są główne ograniczenia w pełnym wykorzystaniu potencjału narzędzi Low-Code/No-Code w procesie składania wniosku wydawniczego i jak można je pokonać przez odpowiednie zarządzanie potrzebami, zasobami oraz wybór dostawcy?

Tabela 1. Charakterystyka kroków pozyskiwania, gromadzenia i analizy danych opartych na studiach przypadków

Krok procedury badawczej	Metoda badawcza	Technika badawcza	Narzędzie badawcze
Pozyskiwanie i gromadzenie danych ogólnych z różnych organizacji	Studiowanie przypadków różnych firm	Lista korzyści wynikających z digitalizacji procesów z zastosowaniem narzędzi LCNC	– notatki, – lista korzyści
Analiza danych ogólnych z różnych organizacji	Analiza studiów przypadków różnych firm, w których zastosowano rozwiązania LCNC w digitalizacji procesów	Uzupełnianie listy korzyści o szczegółowe dane	
Pozyskiwanie i gromadzenie danych na przykładzie Wydawnictwa UE	Studium przypadku Wydawnictwa UE	Prototypowanie – zbudowanie prototypu aplikacji na potrzeby digitalizacji wybranego procesu Wydawnictwa UE	– notatki, – prototyp aplikacji wykonany z zastosowaniem narzędzia LCNC, – weryfikacja działania prototypu metodą scenariuszową, – lista korzyści wynikająca z zastosowania narzędzia LCNC w celu digitalizacji wybranego procesu Wydawnictwa UE
Analiza danych na przykładzie Wydawnictwa UE	Analiza wybranego przypadku i dostępnych wzorów dokumentów oraz procedur procesu, dla którego zastosowano rozwiązanie LCNC	Analiza treści ze strony internetowej Wydawnictwa UE. Uzupełnienie listy korzyści o szczegółowe dane	

Źródło: Opracowanie własne.

Jak ukazano w tabeli 1, pozyskiwanie, gromadzenie i analizę danych zastosowano najpierw do przypadków różnych firm, w których wykorzystano rozwiązania LCNC w procesie digitalizacji procesów, aby na tej podstawie wyłonić korzyści wynikające z ich zastosowania oraz opracować listę tych korzyści.

Następnie kroki te powtórzono w odniesieniu do przypadku Wydawnictwa UE w celu uzupełnienia listy o specyficzne korzyści, co pozwoliło na dokładniejsze przedstawienie obrazu korzyści płynących z narzędzi LCNC. Podsumowując można dodać, iż w celu zidentyfikowania korzyści wynikających z wykorzystania narzędzi LCNC do digitalizacji procesów biznesowych w organizacjach zastosowano studia przypadków, których cel jest przede wszystkim teoriiotwórczy (inne rodzaje studium przypadku opisano w książce Czakona [red., 2013, s. 94-95]). Przypadki są badane, aby rozwinąć istniejące teorie, dostarczyć wyjaśnień na temat korzyści płynących z digitalizacji i automatyzacji procesów z zastosowaniem narzędzi LCNC w konkretnej organizacji na tle doświadczeń innych firm oraz aby wyjaśnić przebieg wybranego procesu.

1.3. Rezultaty badania

1.3.1. Kategorie potrzeb organizacji związane z wykorzystaniem narzędzi LCNC

Narzędzia LCNC, biorąc pod uwagę potrzeby firm, mogą zostać zastosowane np. w procesach digitalizacji, automatyzacji, robotyzacji, optymalizacji czy też integracji. Digitalizacja polega na zamianie lub inaczej konwersji danych, dokumentów i procesów analogowych na cyfrowe. Celem jest wyeliminowanie papierowych dokumentów poprzez ich skanowanie i umieszczenie w chmurze, eliminowanie procesów realizowanych w sposób tradycyjny na ich elektroniczne odpowiedniki, automatyzując przy tym powtarzalne zadania. Automatyzacja polega na wprowadzaniu automatycznych lub półautomatycznych rozwiązań w aplikacjach lub systemach w celu przyspieszenia wykonywania powtarzalnych zadań i wyeliminowania dzięki temu błędów wynikających z czynnika ludzkiego. Automatyzacja to np. pozyskiwanie danych w sposób automatyczny ze zeskanowanych już dokumentów albo przetwarzanie zleceń sprzedaży wprowadzonych wcześniej do systemów klasy ERP. Pozwala ona na zwiększenie efektywności organizacyjnej. Robotyzacja procesów biznesowych (RPA) polega na zastosowaniu robotów programowych (botów) lub skryptów na potrzeby wykonywania określonych zadań lub w celu monitorowania zjawisk lub procesów, np. produkcyjnych. Optymalizacja polega na doskonaleniu (ulepszaniu, odpowiednim sterowaniu) procesów, np. pod kątem obniżania czasu, kosztów, zużycia zasobów lub przyspieszenia przepływu informacji, przyspieszenia pozyskiwania danych do celów analitycznych albo zwiększenia dokładności wykonywanych zadań (w tym dzięki sztucznej inteligencji). Integracja polega na

łączeniu oprogramowania (interfejsy API, protokoły komunikacyjne, konektory) w celu stworzenia nowego systemu i efektywnego przepływu pracy lub na łączeniu oprogramowania i sprzętu w celu stworzenia nowej infrastruktury.

Tabela 2. Potrzeby organizacji w kontekście cyfrowej transformacji oraz korzyści związane z realizacją danej kategorii potrzeb

Kategorie potrzeb organizacji	Definicja kategorii potrzeb	Korzyści wynikające z realizacji danej potrzeby
Digitalizacja (nie należy jej mylić z cyfryzacją)	Przekształcanie z wersji analogowej na cyfrową zarówno procesów, jak i obiektów fizycznych, np. dokumentów, danych. Efektem jest łatwiejsze przetwarzanie, udostępnianie, a także standaryzacja. Digitalizacja to pierwszy krok w procesie transformacji cyfrowej organizacji	Wylaminowanie papieru, przejście z fizycznych na elektroniczne procesy, wylaminowanie błędów na etapie pozyskiwania danych, poprawa transparentności, poprawa bezpieczeństwa, poprawa aspektów User Experience, łatwiejsza organizacja pracy, pełna dostępność zasobów, ochrona przed zniszczeniem, utrzymanie know-how organizacji, nadawanie uprawnień dostępu do zasobów, postępowanie zgodne z zasadami biznesu, inne
Automatyzacja	Usprawnianie procesów operacyjnych. Wykorzystanie technologii do wykonywania zadań lub procesów bez ingerencji człowieka. Kompleksowe usprawnianie całych procesów biznesowych, a nie tylko konkretnych zadań	Eliminowanie błędów ludzkich wynikających np. ze zmęczenia, zwiększenie precyzji (dokładności), poprawa wydajności, efektywności operacyjnej, usprawnienie w dostarczaniu źródeł do celów analitycznych, łatwiejsze testowanie wprowadzanych zmian, postępowanie zgodne z regułami biznesu, regułami formularzy, redukowanie manualnych interwencji w procesach biznesowych, inne
Robotyzacja	Zastępowanie, wyręczenie człowieka w wykonywaniu konkretnych zadań, zwykle powtarzalnych, rutynowych. Jest kolejnym krokiem do automatyzacji	Zastąpienie człowieka w wykonywaniu zadań przy integracji z systemami, komunikacji z systemami, przy manipulowaniu danymi, przy analizie danych itp. Polega na zaimplementowaniu robotów programowych (botów), skryptów do wykonywania zadań, wcześniej wykonywanych przez ludzi
Audytowalność	Proces analizy i oceny funkcjonowania systemów czy też infrastruktury informatycznej	Sprawdzenie czy rozwiązania IT skutecznie chronią dane, dostarczają odpowiednich informacji i działają zgodnie z celami i normami. Dostarcza pełną historię o zasobach, statystyki, gwarantuje transparentność i pozwala ocenić bezpieczeństwo
Optymalizacja	Doskonalenie (ulepszanie) procesów w celu poprawy określonych parametrów, wskaźników	Optymalizacja zarządzania dokumentacją, obniżenie czasu na wykonywanie czynności, zmniejszenie błędów, zwiększenie przepływu informacji, obniżenie zużycia zasobów, obniżenie kosztów, regulowane procedury, inne
Integracja	Łączenie procesów, aplikacji, systemów w celu stworzenia nowych i spójnych rozwiązań lub nowej infrastruktury, umożliwiających płynną wymianę danych lub informacji, poprawę komunikacji i współpracy	Wymiana danych lub informacji, czego skutkiem ma być sprawny przepływ, sprawna analiza, wygoda obsługi, spójność oraz zapewnienie bezpieczeństwa. Wykorzystanie interfejsów API, konektorów, web serwisów, innych rozwiązań

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 2 ukazano charakterystykę różnych potrzeb organizacji, którym powinny sprostać narzędzia LCNC. Niektóre organizacje są bowiem na etapie digitalizacji procesów, inne na etapie automatyzacji lub integracji procesów. Organizacje mogą mieć dodatkowo różne potrzeby w odniesieniu do typów i złożoności procesów, tj. powinny wiedzieć, czy chcą wspierać procesy podstawowe (operacyjne), czy procesy pomocnicze (wspomagające) [Auksztol, Chomuszek, 2012, s. 93]. Potrzeby powinny także uwzględniać elastyczność procesów (dostosowywanie się do zmieniających się potrzeb biznesowych) lub ich skalowalności (rozbudowę i modyfikację integracji), tak jak w przypadku Wydawnictwa UE – czy chce ono wspierać jedynie samo składanie wniosku wydawniczego, czy od razu cały cykl wydawniczy. Biorąc zatem pod uwagę potrzeby organizacji, przy wyborze narzędzi LCNC należy mieć na uwadze jej specyficzne wymagania (potrzeby), typ i złożoność procesów, kwestie elastyczności i skalowalności procesów. Autorzy publikacji [Käss i in., 2023] wskazują dodatkowo na wpływ następujących czynników organizacyjnych na wybór platformy LCNC, tj. na motywację (możliwości szkoleniowe), na kulturę organizacji (otwartość, gotowość na zmiany), wsparcie kierownictwa, strategiczne planowanie uwzględniające korzyści z wdrożenia LCNC, adopcję wybranego rozwiązania ze strony zespołów IT. Rekomendacje dla przedsiębiorców dotyczące wyboru platformy LCNC, biorące pod uwagę cele i potrzeby organizacji, zawierają m.in. raporty firmy Gartner [Wong i in., 2021] (np. raport Gartner® Magic Quadrant™ dostarcza kompleksowej i aktualnej analizy rynku platform LCNC).

1.3.2. Wpływ zasobów organizacji i wyboru dostawcy na wykorzystanie narzędzi LCNC oraz związane z tym korzyści

Analizując zasoby organizacji, można wyróżnić zasoby ludzkie, rzeczowe, finansowe oraz informacyjne (tabela 3). Biorąc pod uwagę wpływ zasobów ludzkich na wykorzystanie narzędzi LCNC przez organizacje, można zauważyć, że szczególnie na zastosowaniu narzędzi LCNC w swojej działalności mogą skorzystać organizacje z ograniczoną liczbą specjalistów w zakresie umiejętności programowania. Aplikacje mogą bowiem zacząć tworzyć osoby bez znajomości kodowania (ale wówczas organizacje powinny zainwestować w szkolenia z zakresu narzędzi LCNC swoich pracowników). Zasoby rzeczowe odnoszą się do infrastruktury IT organizacji. Organizacje mają obecnie wybór, czy skorzystać z platform LCNC swoich dostawców, czy brać pod uwagę własną infrastrukturę – w tym przypadku należy ocenić, czy ta infrastruktura będzie wspie-

rać narzędzia LCNC oraz czy będzie można zintegrować nowe aplikacje z już istniejącymi w organizacji. Organizacje muszą też ocenić, czy ich budżet pozwala na wdrożenie wybranej platformy LCNC.

Tabela 3. Korzyści z zastosowania narzędzi LCNC w firmach w zależności od posiadanych przez organizację zasobów

Zasoby	Korzyści wynikające z wdrożenia rozwiązań LCNC ze względu na wybrane zasoby organizacji
Ludzkie	Jeżeli organizacja ma pracowników ze znajomością narzędzi LCNC, to jej możliwości w tworzeniu aplikacji i automatyzacji procesów są większe niż w przypadku innych organizacji
Rzeczowe	Korzyści z posiadania rozwiązań LCNC zwiększa nowoczesna infrastruktura i wydajny sprzęt – konieczne jest zatem eliminowanie długu technologicznego
Finansowe	Jeżeli organizacja ma środki finansowe na narzędzia LCNC i szkolenia w tym zakresie swoich pracowników, to jej możliwości w zakresie swobody wyboru narzędzi i ich możliwości są większe
Informacyjne	Digitalizacja i automatyzacja procesów z zastosowaniem LCNC pozwala lepiej pozyskiwać, gromadzić i analizować dane, a co za tym idzie podejmować lepsze decyzje. Decyzje mogą być podejmowane szybciej, tj. już na wczesnych etapach procesu

Źródło: Opracowanie własne.

Wybierając dostawców narzędzi LCNC, należy kierować się: przeznaczeniem rozwiązania (czy narzędzie LCNC wspiera tworzenie aplikacji mobilnych, webowych czy typu workflow?), funkcjonalnością narzędzia (jakie funkcje oferuje?), możliwościami integracji (czy jest rozwiązaniem dobrze integrującym się z istniejącymi w firmie rozwiązaniami?), możliwościami twórców narzędzia lub ich partnerów biznesowych (czy oferują wsparcie, np. w postaci szkoleń?), bezpieczeństwem (jakie zabezpieczenia są udostępniane z poziomu platformy LCNC?). Największym problemem (ograniczeniem) jest bowiem uzależnienie się organizacji od dostawcy platformy [Yan, 2021]. Na temat jeszcze innych wyzwań związanych z wykorzystaniem platform LCNC piszą m.in. Rokis i Kirikova [2022], którzy zwracają uwagę na brak zaawansowanej personalizacji narzędzi LCNC, problemy z integracją, utrzymaniem zgodności tworzonego rozwiązania z regulacjami prawnymi, problemy z jakością generowanego kodu. O wyzwaniach i ryzykach pisze także Simon [2022], kładąc nacisk na bezpieczeństwo i zgodność, jakość danych, zarządzanie wprowadzanymi zmianami. Biorąc w związku z tym pod uwagę wybór dostawców narzędzi LCNC, należy mieć na uwadze przede wszystkim: zapewnienie wsparcia ze strony dostawcy rozwiązania LCNC, bezpieczeństwo i zgodność z regulacjami prawa, możliwości integracji oraz standardy danych, protokoły, zgodność z platformami.

1.3.3. Korzyści wynikające z zastosowania narzędzi LCNC w firmach. Studium przypadku firmy WEBCON

Narzędzia LCNC przynoszą wiele korzyści związanych z digitalizacją i automatyzacją procesów biznesowych w firmach. Dla przykładu firma WEBCON [Impact of WEBCON, 2024] posiada zbiór licznych case study firm, które wdrożyły rozwiązania w oparciu o jej narzędzie Low-Code o nazwie WEBCON BPS [WEBCON case studies, 2024]. W tabeli 4 ukazano główne korzyści dla wybranych firm, wynikające z wdrożeń narzędzi LCNC firmy WEBCON.

Tabela 4. Korzyści z zastosowania narzędzi LCNC firmy WEBCON w wybranych organizacjach

Korzyści z wdrożenia narzędzi LCNC	Przykłady firm, dla których wymienione korzyści są szczególnie istotne
Efektywność – szybkie tworzenie i wdrażanie aplikacji	Polpharma, Warbud, Echo Investment, NowyStyl, ROHLIG SUUS Logistics, SIEMENS Finance, HUHTAMAKI FS Poland
Produktywność – automatyzacja rutynowych czynności	Warbud, Echo Investment, ROHLIG SUUS Logistics, HUHTAMAKI FS Poland
Elastyczność – szybkie reagowanie na zmiany i modyfikowanie, szybkie dostarczanie korzyści	Warbud, ROHLIG SUUS Logistics, SIEMENS Finance
Skalowalność – rozwój i ekspansja na nowe procesy lub obszary	Echo Investment, ROHLIG SUUS Logistics, HUHTAMAKI FS Poland, Trakcja S.A.
Obniżanie kosztów – niższe koszty tworzenia i wdrożenia aplikacji niż w przypadku tradycyjnych aplikacji	NowyStyl, SIEMENS Finance
Poprawa współpracy, komunikacji pomiędzy działami firmy	Echo Investment, NowyStyl, ROHLIG SUUS Logistics, HUHTAMAKI FS Poland
Lepsza jakość danych – minimalizacja błędów	Echo Investment, NowyStyl
Lepsza obsługa klientów, kontrahentów – dostosowane procesy, szybciej wdrażane rozwiązania, wymiana informacji	Warbud, ROHLIG SUUS Logistics, SIEMENS Finance
Dostępność do aktualnych informacji – możliwość przesunięcia decyzji na wcześniejsze etapy	Warbud, Echo Investment, NowyStyl, ROHLIG SUUS Logistics
Integracja z nowoczesnymi technologiami	Warbud, Echo Investment, ROHLIG SUUS Logistics, HUHTAMAKI FS Poland, Trakcja S.A.
Bliskość efektu końcowego	Warbud
Przepływ informacji i towarów w formie cyfrowej	ROHLIG SUUS Logistics, HUHTAMAKI FS Poland, Trakcja S.A.
Zbieranie wymagań	Echo Investment
Wygoda (User Experience) – łatwe odnalezienie się w procesie	ROHLIG SUUS Logistics
Bezpieczeństwo przetwarzanych danych	SIEMENS Finance
Standaryzacja – każda aplikacja wygląda i zachowuje się podobnie	SIEMENS Finance
Prognozowanie	HUHTAMAKI FS Poland

Źródło: Opracowanie własne na podstawie analizy studiów przypadków ze strony internetowej firmy WEBCON za jej zgodą [WEBCON case studies, 2024].

Z uzyskanej listy korzyści (tabela 4) wynika, iż platformy LCNC są kluczowym elementem strategii modernizacji organizacji, które dzięki temu mogą wprowadzać innowacje w sposób zrównoważony i mniej ryzykowny [Yan, 2021].

Sahay i współautorzy [2020] proponują następującą taksonomię pojęć związanych z oceną narzędzi LCNC: graficzny interfejs użytkownika, wsparcie interoperacyjności, wsparcie bezpieczeństwa, wsparcie rozwoju opartego na współpracy, wsparcie ponownego wykorzystania (szablonów, formularzy, raportów), wsparcie skalowalności, posiadanie mechanizmu specyfikacji logiki biznesowej (edytor przepływu pracy), mechanizmu budowania aplikacji (kod generowany na podstawie modeli), wsparcie wdrażania. Sanchis i współautorzy [2019] wskazują dodatkowo na zachowanie prywatności (rozwiązania są bowiem zwykle tworzone przez własnych pracowników po ich przeszkoleniu), redukcję złożoności (tworzenie aplikacji dzięki LCNC zostało uproszczone), łatwą konserwację rozwiązań (niewielka ilość kodu do utrzymania), minimalizowanie dzięki narzędziom LCNC konfliktów z powodu niestabilnych lub niespójnych wymagań (tzw. wpływających wymagań odnośnie do systemów czy też aplikacji) na etapie prototypowania. Dzięki narzędziom LCNC programiści szybko tworzą rozwiązania o minimalnych funkcjonalnościach, które następnie można rozbudowywać, nie marnując przy tym czasu na niechciane funkcjonalności.

1.3.4. Identyfikacja korzyści z zastosowania narzędzi LCNC w digitalizacji procesów Wydawnictwa UE. Wykorzystanie metody scenariuszowej

Metoda scenariuszowa jest użytecznym sposobem do zidentyfikowania korzyści wynikających z wykorzystania narzędzi Low-Code/No-Code w organizacji. Pozwala ona na przedstawienie różnych scenariuszy ich użycia oraz ukazania ich wpływu na efektywność, koszty i inne aspekty działalności organizacji. Podmiotem badania jest Wydawnictwo UE [Wydawnictwo UEKat, 2024] i jeden ze scenariuszy cyklu wydawniczego, tj. etap rejestrowania wniosków wydawniczych.

Scenariusz 1 – proces rejestracji wniosków wydawniczych metodą tradycyjną

Wydawnictwo uczelni działa według przyjętych procedur, opierając się na rocznym Planie wydawniczym, opracowanym na podstawie propozycji zgłoszonych przez autorów publikacji. Plan wydawniczy zbiorczy zawiera szacunkową

liczbę publikacji, wysokość nakładów oraz proponowane terminy składania tekstów. Plan wydawniczy Katedry (rys. 1) zawiera: liczbę porządkową, dane o autorze/redaktorze i tytuł publikacji, rodzaj publikacji (podręcznik, monografia naukowa), przewidywaną liczbę stron, nakład w egzemplarzach, termin złożenia pracy, uwagi (przy podręcznikach należy do publikacji przyporządkować przedmiot, a przy monografiach określić źródło finansowania).

Propozycje do Planu zgłaszane są przez pracowników uczelni do kierowników katedr. Następnie zbiorczo przez kierowników katedr lub inne jednostki uczelni do Wydawnictwa, ze wskazaniem rodzaju publikacji i źródła finansowania publikacji. Dokumenty przesyłane są do Wydawnictwa pocztą e-mail. Plan opiniuje Komitet Redakcyjny, a zatwierdza Rektor ds. Nauki i Rozwoju Kadry Akademickiej. Ten etap cyklu wydawniczego kończy prezentacja zestawienia wniosków na stronie internetowej Wydawnictwa UE, z której pracownicy dowiadują się, czy ich wnioski zostały zakwalifikowane.

Nazwa Katedry

Wydział

Data

Lp.	Autor / Redaktor Naukowy Tytuł publikacji	Rodzaj publikacji*	Przewidywana liczba stron	Nakład w egz.	Termin złożenia pracy	Uwagi**

Podpis Kierownika Katedry

* Podręcznik, monografia naukowa, materiały konferencyjne, monografia naukowa będąca wynikiem badań, monografia naukowa promocyjna na stopień naukowy.

** Przypominamy, iż wypełniając tabelę, należy:

- przy podręcznikach: przyporządkować je do przedmiotu, specjalności, wykładu itp. oraz określić liczbę studentów z nich korzystających,
- przy monografiach naukowych i będących wynikiem badań (statutowych, własnych, grantów) wskazać źródło ich finansowania,
- przy monografiach naukowych o charakterze prac promocyjnych na stopień /określić/ należy zapewnić dodatkowe finansowanie w przypadku przekroczenia objętości 10 arkuszy wydawniczych (1 arkusz wydawniczy = 40 000 tys. znaków ze spacjami).

Rys. 1. Plan wydawniczy – wniosek w postaci dokumentu tekstowego do pobrania ze strony uczelni

Źródło: <https://www.ue.katowice.pl/jednostki/wydawnictwo/dla-autorowrecenzentow/pliki-do-pobrania.html>

Tabela 5. Przebieg procesu rejestracji wniosków wydawniczych w cyklu wydawniczym

Kolejne kroki procesu	Nazwa kroku	Opis prezentowany użytkownikowi	Charakterystyka danego kroku
Krok 1	Przygotowanie wniosku	Wprowadzenie niezbędnych danych do formularza	Użytkownik wprowadza dane, przy czym możliwe są dwie drogi: – złożenie wniosku i przejście do dalszej weryfikacji lub – zgłoszenie rezygnacji z publikowania (albo brak zgłoszenia)
Krok 2	Weryfikacja wniosku (zgłoszenia) przez kierownika katedry	Kierownik katedry analizuje pomysł na publikację	Kierownik katedry analizuje pomysł na publikację, biorąc pod uwagę możliwości wykonania, przyznane środki finansowe do dyspozycji katedry, posiadaną w katedrze infrastrukturę i zasoby. Jeżeli wniosek został poprawnie uzupełniony przechodzi do kroku „Wydanie decyzji” przez kierownika katedry lub kierownik prosi pracownika o uzupełnienie brakujących danych we wniosku
Krok 3	Wydanie decyzji przez kierownika katedry – udzielenie zgody na publikację	Wydanie decyzji odnośnie do zgłoszonej publikacji	Kierownik katedry na podstawie poprawnie uzupełnionego i kompletnego wniosku wydaje decyzję, czy proponowana przez pracownika katedry publikacja zostanie przekazana dalej do Wydawnictwa i uwzględniona w Planie wydawniczym (zaakceptowanie wniosku), czy też została odrzucona (przejście do kroku „Odrzucenie wybranego lub wybranych wniosków”)
Krok 4a	Złożenie podpisu	Złożenie podpisu przez kierownika katedry pod zbiorczym formularzem publikacji z danej katedry	Kierownik katedry składa podpis pod zbiorczym formularzem publikacji proponowanych do Planu wydawniczego. Następuje zmiana statusu wniosku. Wniosek zostaje zatwierdzony przez kierownika katedry
Krok 4aa	Zatwierdzone wnioski	Przesłanie przez kierownika katedry zbiorczego zestawienia wniosków z katedry do wydawnictwa	Przesłanie zbiorczego zestawienia zatwierdzonych wniosków z katedry do wydawnictwa
Krok 4b	Odrzucony wniosek lub wnioski	Odrzucenie wybranego lub wybranych wniosków	Odnótowanie, że wybrany wniosek lub wnioski zostały odrzucone

Źródło: Opracowanie własne.

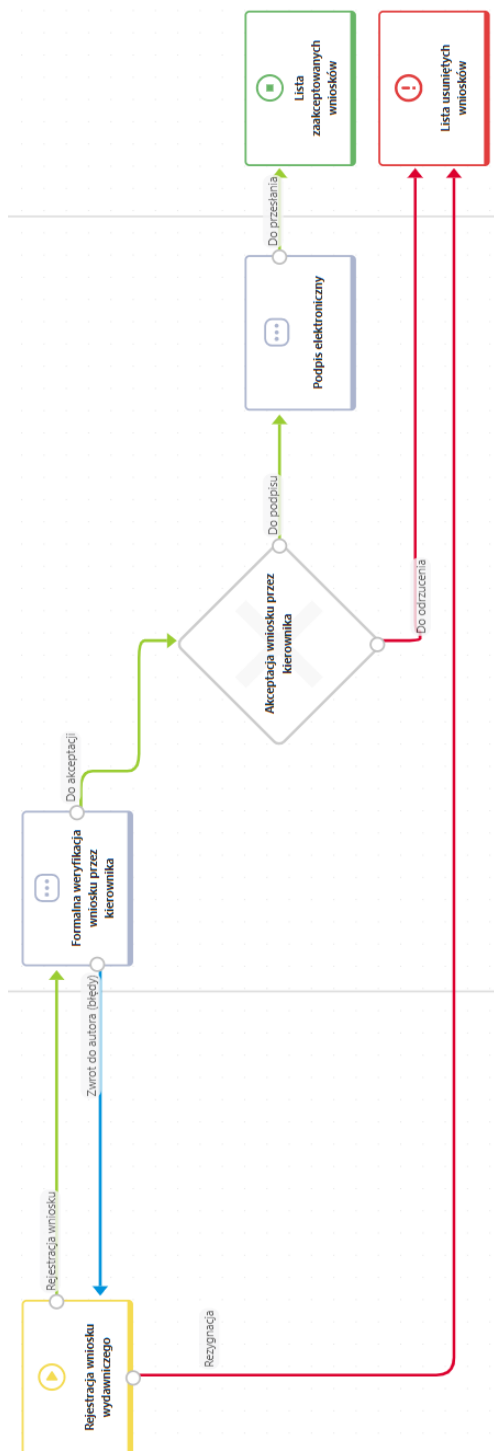
Scenariusz 2 – proces rejestracji wniosków wydawniczych z zastosowaniem prototypu aplikacji stworzonego w narzędziu LCNC

W celu ukazania digitalizacji procesu rejestracji wniosków wydawniczych posłużono się prototypem aplikacji webowej. Prototyp aplikacji zbudowano z zastosowaniem narzędzia WEBCON Designer Desk. Zadaniem aplikacji jest wsparcie początkowego etapu cyklu wydawniczego – rejestracji wniosków wydawniczych. W dalszej kolejności prototyp może zostać zaimportowany na platformę WEBCON BPS, służącą do projektowania i konfigurowania procesów, administrowania procesów, analizowania ich wydajności i uzupełnienia prototy-

pu o szczegóły technologiczne. Aplikacja jest dedykowana dla pracowników uczelni, aby mogli oni szybko i sprawnie przesłać pod koniec roku kalendarzowego (w listopadzie) wniosek do Planu wydawniczego uczelni na kolejny rok, jeżeli chcą opublikować podręcznik, monografię lub materiały konferencyjne. Tworzenie aplikacji przebiegało według następujących etapów, polegających na:

- utworzeniu graficznego kreatora procesu – z pomocą dostępnych w WEBCON Designer Desk elementów i mechanizmu „przeciągnij i upuść” zbudowano przebieg procesu (workflow). Należy zauważyć, że dokonanie zmiany w przebiegu procesu jest możliwe w dowolnym momencie. Do każdego z kroków procesu można zaprojektować określoną akcję. Na rys. 2 ukazano schemat przebiegu procesu – składanie wniosku wydawniczego. Każdy element schematu musi zostać opisany (edycja kroku, ścieżki oraz poszczególne akcje);
- utworzeniu graficznego kreatora formularzy – stworzono formularz (rys. 3), z pomocą którego można gromadzić dane na podstawie wniosku wydawniczego. Dokonanie zmian w układzie formularza lub pól formularza jest możliwe w dowolnym momencie. Projektant ma do dyspozycji pola: podstawowe, wyboru, ankietowe, prezentacji danych, specjalne (podpis odręczny, rys. 4), systemowe (komentarz, załącznik, szczegóły zadania) itp. Projektowanie formularza odbywa się przy wykorzystaniu opcji „przeciągnij i upuść” odpowiednich pól do obszaru roboczego formularza. Pola formularza dotyczące nazwy katedry, wydziału oraz rodzaju publikacji to tzw. lista rozwijana – można więc przygotować użytkownikowi listę elementów słownikowych do wyboru, zawierających zdefiniowane wcześniej nazwy katedr i wydziałów uczelni lub listę z różnymi rodzajami publikacji (podręcznik, monografia naukowa, monografia promocyjna na stopień naukowy, materiały konferencyjne). Na tym etapie można również zaprojektować raport zbiorczy dla wniosków (rys. 6), które zostały zatwierdzone przez kierowników katedr w celu przekazania ich do Wydawnictwa UE;
- skonfigurowaniu pozostałych elementów aplikacji, takich jak reguły biznesowe (określenie uprawnień do dokumentów, rys. 5), oraz opisaniu zachowania aplikacji (logiki biznesowej aplikacji). Użytkownik do każdego pola interfejsu lub do danego dokumentu ma przypisane uprawnienia (atrybuty): widoczny (kolor niebieski), tylko do odczytu (kolor zielony), wymagany (kolor czerwony);
- zaprojektowaniu i dodaniu przycisku startu, pozwalającego na uruchomienie aplikacji i testowanie jej działania;
- wygenerowaniu dokumentacji projektowej i wyeksportowaniu pliku z prototypem.

Na rys. 3 ukazano formularz wniosku wydawniczego, odwzorowanego na podstawie wzoru dokumentu tekstowego z rys. 1. Precyzyjne opisanie warunków dotyczących pól formularza ułatwi techniczną realizację prototypu i wdrożenie aplikacji.



Rys. 2. Rejestracja wniosków wydawniczych – modelowanie przepływu pracy

Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem WEBCON Designer Desk.

Katedra *

Wydział *

Katedra Informatyki

Wydział Informatyki i Komunikacji

Data *

30.04.2025

Informacja dla autorów

* Podkreślić: monografia naukowa, materiały konferencyjne, monografia naukowa będąca wynikiem badań, monografia naukowa promocyjna na stopień naukowy.
** Przywrócić i uzupełnić tabelę należy:
- przy podjętych przedsięwzięciach je do przedmiotu, specjalności, wykładu itp. oraz określić liczbę studentów z nich korzystających
- przy monografiach naukowych i badaniach z wyników badań (statutowych, własnych, grantów) wskazać źródło ich finansowania
- przy monografiach naukowych o charakterze prac promocyjnych na stopień /określić/ należy zapewnić dodatkowe finansowanie w przypadku przebroczenia objętości 10 arkuszy wydawniczych (1 arkusz wydawniczy = 40 000 tys. znaków ze spacjami).

Autor / Tytuł publikacji *

Rodzaj publikacji *

Monografia naukowa

Nakład w egz. *

120

Przewidywana liczba stron *

100

Termin złożenia pracy *

15.05.2025

Uwagi** *

Grant

①

①

Siećki przejścia

Rezygnacja wniosku

Rezygnacja

Rys. 3. Formularz wniosku wydawniczego z uzupełnionymi przykładowymi danymi

Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem WEBCON Designer Desk.

Rys. 4. Złożenie podpisu i akceptacja wniosku wydawniczego przez kierownika katedry

Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem WEBCON Designer Desk.

[illegible]

Rys. 5. Formularz uprawnień – macierz atrybutów dla formularza wniosku wydawniczego

Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem WEBCON Designer Desk.

Raport - Lista zaakceptowanych publikacji

Podstawowy

Odwołaj

Szybką klawisz

☐	Autor / Tytuł publikacji	☐	Reżym publikacji*	☐	Przebiegiem i data zmian	☐	Hasłami w języku	☐	Termin złożenia pracy	☐	Uwagi**
☐	Kowalik S., Management	☐	Monografia naukowa	☐	100	☐	120	☐	15.05.2025	☐	Grant
☐	Kowalik S., Management	☐	Monografia naukowa	☐	120	☐	80	☐	15.05.2025	☐	Grant
☐	Kowalik J., Management Information Systems	☐	Monografia naukowa	☐	125	☐	80	☐	15.05.2025	☐	Grant
☐	Kowalik S., Management	☐	Monografia naukowa	☐	50	☐	120	☐	15.05.2025	☐	Grant

Rys. 6. Raport zbiorczy – zestawienie przykładowych danych demonstracyjnych zgłoszonych przez pracowników uczelni do Planu wydawniczego

Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem WEBCON Designer Desk.

Istotne znaczenie ma uzupełnienie matrycy atrybutów dla każdego pola formularza (widoczność, edytowalność, wymagalność). Kiedy proces, formularz oraz matryca są gotowe, warto jeszcze zaprojektować raport, dzięki któremu osoby z Komitetu Redakcyjnego będą mogły przeglądać zestawienie zbiorcze danych z zarejestrowanych w aplikacji wniosków wydawniczych. Na rys. 6. ukazano raport zbiorczy z wybranymi danymi pochodzącymi z zarejestrowanych wniosków wydawniczych w celu zilustrowania działania prototypu aplikacji.

Podsumowując, proces składania wniosków do Wydawnictwa UE jest typowym procesem obiegu dokumentów. Korzyści z digitalizacji procesu i składania wniosku wydawniczego poprzez aplikację webową jest wiele. Należy do nich zaliczyć:

- zwiększenie efektywności operacyjnej:
 - automatyzacja procesu – przyspieszenie przepływu danych i szybsze przechodzenie do kolejnych etapów procesu,
 - przyspieszenie procesu – skrócenie czasu potrzebnego na wypełnienie dokumentu dzięki możliwości dokonania wyboru odpowiedzi z dostępnych w aplikacji,
 - zwiększenie wydajności pracowników – pracownicy uczelni mogą skupić się na wartościowych zadaniach, a nie na rutynowych czynnościach [zob. Woo, 2020];
- poprawę jakości i spójności danych:
 - standaryzacja formularzy – ograniczenie błędów na etapie wprowadzania danych, a co za tym idzie poprawa jakości danych,
 - spójność danych w całym procesie;
- lepszą współpracę i komunikację:
 - zdalny dostęp – wnioski mogą być składane z dowolnego miejsca,
 - łatwiejszy dostęp do zasobów – łatwa możliwość wglądu do danych zbiorczych,
 - usprawnienie komunikacji między autorami a pracownikami wydawnictwa,
 - poprawa organizacji pracy – łatwe podpisywanie i zatwierdzanie dokumentów;
- zwiększenie przejrzystości i śledzenia procesów:
 - transparentność procesu – widoczność stanu wniosków na każdym etapie procesu, co sprzyja monitorowaniu postępów prac,
 - analiza procesu – automatyczne generowanie informacji o przebiegu procesu (tasks mining i process mining) i o jego wynikach (raportowanie);
- oszczędność czasu i kosztów:
 - oszczędność czasu,
 - redukcja kosztów – wyeliminowanie papierowych dokumentów i potrzeby ich drukowania, wyeliminowanie kosztów związanych z ich przetwarzaniem;

- poprawę obsługi pracowników:
 - łatwiejsze składanie wniosków,
 - szybsze informacje zwrotne;
- wspieranie innowacji i adaptacji:
 - elastyczność – łatwiejsze wprowadzanie modyfikacji;
- bezpieczeństwo:
 - bezpieczeństwo danych – zabezpieczenie danych przed utratą oraz dostępem osób nieuprawnionych, wyeliminowanie potrzeby korzystania z różnych skrzynek e-mail,
 - kontrola nad dokumentacją – możliwość analizy przebiegu procesu pod kątem czasu oraz kontroli kto, kiedy przeglądał, edytował i zatwierdził dokument?

Korzyści te mogą przekładać się na wzrost satysfakcji pracowników z pracy i poprawę aspektów User Experience, czyli poprawę doświadczenia pracownika poprzez używanie intuicyjnego interfejsu aplikacji, dzięki któremu można łatwiej składać wnioski wydawnicze i szybciej uzyskać informację zwrotną. Ponadto automatyzacja procesów ułatwia rozwijanie uczelni i utrzymanie know-how na temat przebiegu jej procesów. Wartością dodaną jest też ułatwienie integracji między działami uczelni (poszczególnymi katedrami i Wydawnictwem UE), co prowadzi do poprawy efektywności operacyjnej (koordynacji działań). Dzięki tym korzyściom Wydawnictwo UE może działać sprawniej. Należy zauważyć, iż korzyści te pokrywają się z wymienionymi w tabeli 4.

Wnioski

Korzyści wynikające z zastosowania narzędzi Low-Code/No-Code (LCNC) w celu digitalizacji i automatyzacji procesów workflow Wydawnictwa UE uczelni potwierdziły rolę i znaczenie:

- 1) potrzeb organizacji w zakresie digitalizacji procesów – to, jak istotne jest uświadomienie organizacji potrzeb w zakresie automatyzacji procesów, ponieważ ma to znaczenie dla rozpoczęcia prac w tym zakresie,
- 2) ewidencji zasobów organizacji w kontekście jej przygotowania się do wdrożenia narzędzi LCNC – jeżeli organizacja dysponuje programistami obywatelskimi, którzy znają procesy Wydawnictwa, to z sukcesem mogą oni przygotować aplikację do digitalizacji i automatyzacji procesów z zastosowaniem narzędzi LCNC, co ukazano na przykładzie prototypu stworzonego przez autorkę niniejszego rozdziału za pomocą narzędzi LCNC firmy WEBCON,

- 3) wyboru dostawcy platformy – jeżeli organizacja chce wspierać procesy workflow, to przy wyborze narzędzi LCNC powinna kierować się wyborem firmy, która takie narzędzia oferuje. Narzędzia firmy WEBCON są dedykowane do digitalizacji procesów workflow w organizacji. Budowa prototypu potwierdziła, że jest możliwe stworzenie aplikacji webowej z wykorzystaniem narzędzi LCNC wspierającej pracowników uczelni w realizacji procesów Wydawnictwa UE wspomagających jego funkcjonowanie (zwłaszcza że nie są to podstawowe procesy o strategicznym znaczeniu dla funkcjonowania uczelni). Dokładna analiza wymienionych czynników jest kluczowa dla osiągnięcia korzyści z digitalizacji procesów przy użyciu LCNC. Narzędzia LCNC są zazwyczaj tańsze we wdrożeniu i utrzymaniu w porównaniu do tradycyjnych systemów IT, umożliwiają łatwe modyfikacje procesów wraz z rosnącymi potrzebami organizacji oraz ich skalowanie, co pozwala na dostosowywanie procesów do zmieniających się potrzeb organizacji, bez konieczności angażowania programistów. Głównymi ograniczeniami w wykorzystaniu potencjału narzędzi Low-Code/No-Code są: uzależnienie się od dostawcy rozwiązania, trudność w integracji aplikacji stworzonej za pomocą LCNC z już istniejącymi systemami uczelni, problemy związane z wydajnością w sytuacji, gdy w tym samym czasie wielu użytkowników podejmie próbę skorzystania z systemu.

Literatura

- Auksztol J., Chomuszko M. (2012), *Modelowanie organizacji procesowej*, PWN, Warszawa.
- Berardi V., Kaur V., Thacker D., Blundell G. (2023), *Towards a Citizen Development Andragogy: Low-code Platforms, Design Thinking and Knowledge-Based Dynamic Capabilities*, „International Journal of Higher Education Management”, Vol. 9(2), <https://www.proquest.com/docview/2863007611/fulltextPDF/FD04E7D026984CD2PQ/2?accountid=45580&sourcetype=Scholarly%20Journals> (dostęp: 28.06.2024).
- Bock A.C., Frank U. (2021), *Low-Code Platform*, „Business and Information Systems Engineering”, Vol. 63(6), s. 733-740.
- Bratincevic J., Gardner Ch., Condo Ch., Mooter D., Cornwall A., Dickerson D., Morana S., Hartig K. (2023), *The Forrester WaveTM: Low-Code Development Platforms for Professional Developers*, Q2 2023, <https://reprints2.forrester.com/#/assets/2/108/RES178497/report?culture=en-us&country=us> (dostęp: 29.12.2024).
- Caseau Y. (2022), *The Lean Approach to Digital Transformation: From Customer to Code and from Code to Customer*, Routledge Taylor & Francis Group.

- Czakon W., red. (2013), *Podstawy metodologii badań w naukach o zarządzaniu*, Oficyna Wolters Kluwer SA, Warszawa.
- Frank U., Maier P., Bock A. (2021), *Low Code Platforms: Promises, Concepts and Prospects: A Comparative Study of Ten Systems*, „ICB-Research Report” (Iss. 70).
- Impact of WEBCON (2024), *The Total Economic ImpactTM of WEBCON BPS*, <https://webcon.com/the-total-economic-impact-of-webcon-bps-by-forrester/> (dostęp: 15.06.2024).
- Johannessen Ch., Davenport T. (2021), *When Low-Code/No-Code Development Works – and When It Doesn't*, „Harvard Business Review”, <https://hbr.org/2021/06/when-low-code-no-code-development-works-and-when-it-doesn't> (dostęp: 25.06.2024).
- Käss S., Strahringer S., Westner M. (2023), *A Multiple Mini Case Study on the Adoption of Low Code Development Platforms in Work Systems*, IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2023.3325092.
- LCAPs, Enterprise Low-Code Applications Platforms Reviews and Ratings, <https://www.gartner.com/reviews/market/enterprise-low-code-application-platform> (dostęp: 13.06.2024).
- Luo Y., Liang P., Wang C., Shahin M., Zhan J. (2021), *Characteristics and Challenges of Low-Code Development: The Practitioners' Perspective*. Proceedings of the 15th ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM).
- Matvitskiy O., Davis K. (2024), *Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms*, <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2J40TC35&ct=241017&st=sb> (dostęp: 29.12.2024).
- Rokis K., Kirikova M. (2022), *Challenges of Low-Code/No-Code Software Development: A Literature Review* [w:] Ę. Nazaruka, K. Sandkuhl, U. Seigerroth (eds.), *Perspectives in Business Informatics Research*, Springer.
- Sahay A., Indamutsa A., Di Ruscio D., Pierantonio A. (2020), *Supporting the Understanding and Comparison of Low-Code Development Platforms*, 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), Portoroz, Slovenia, s. 171-178.
- Sanchis R., Garcia Perales O., Fraile F., Poler R. (2019), *Low-Code as Enabler of Digital Transformation in Manufacturing Industry*, „Applied Sciences”, Vol. 10(1).
- Simon F. (2022), *Low-Code/No-Code: Citizen Developers and the Surprising Future of Business Applications*, Racket Publishing.
- Turek P., Bogacz P., Buła A. (2020), *Synergia technologii Blockchain i Low-Code próba zwiększenia elastyczności proklienckiej procesów biznesowych przy zachowaniu ich efektywności kosztowej*, „Napędy i Sterowanie”, r. 22(9), s. 86-91.
- WEBCON case studies, <https://webcon.com/pl/baza-wiedzy/case-studies> (dostęp: 26.06.2024).
- WEBCON Designer Desk, <https://webcon.com/designerdesk/> (dostęp: 18.06.2024).

- Wong J., Iijimy K., Leow A., Jain A., Vincent P. (2021), *Gartner® Magic Quadrant™ for Enterprise Low-Code Application Platforms*, <https://www.gartner.com/en/documents/4005939> (dostęp: 9.05.2025).
- Woo M. (2020), *The Rise of No/Low Code Software Development-No Experience Needed?* „Engineering (Beijing, China)”, Vol. 6(9), s. 960-961.
- Wydawnictwo UEKat, Cykl wydawniczy, <https://www.ue.katowice.pl/jednostki/wydawnictwo/dla-autorowrecenzentow/cykl-wydawniczy> (dostęp: 20.06.2024).
- Yan Z. (2021), *The Impacts of Low/No-Code Development on Digital Transformation and Software Development*, https://www.researchgate.net/publication/357417399_The_Impacts_of_LowNo-Code_Development_on_Digital_Transformation_and_Software_Development (dostęp: 9.05.2025).

Chatboty jako narzędzie wspierające komunikację w uczelniach wyższych

Wprowadzenie

Obecnie coraz więcej uczelni publicznych zaczyna podejmować zarówno informacyjne, jak i perswazyjne działania w zakresie promowania swojej oferty edukacyjnej, dążąc nieustannie do zapewnienia jak najwyższej jakości swoich usług. Komunikacja stanowi element łączący przedsiębiorstwo z konsumentem, a u jej podstaw leży dialog i interaktywność [Wiktor, 2013, s. 7]. Przyczynia się ona jednocześnie do tworzenia i rozwijania społecznych relacji w ramach uczelni [Taranko, 2015, s. 11]. Na efektywność działań organizacji przekłada się jakość narzędzi, kanałów i procesów związanych z komunikacją [Rogała, 2011, s. 224]. Komunikacja cyfrowa jest odpowiedzią na zmiany, jakie zachodzą w otoczeniu, jednocześnie pozwala się wyróżnić instytucji na tle innych podmiotów [Galant, 2022, s. 123]. Współczesne strategie komunikacyjne koncentrują się na dialogu między organizacją a jej klientami, wykorzystując w tym celu systemy konwersacyjne [Gołuchowski, Paliszkiewicz, 2020, s. 80]. Chatboty są obecnie jedną z najbardziej popularnych technologii sztucznej inteligencji, jaka wspiera działalność dydaktyczno-wychowawczą [Okonkwo, Ade-Ibijola, 2020]. O ile kiedyś możliwość naśladowania rozmowy z żywym człowiekiem, a także dostarczania użytkownikom rozrywki były głównym zastosowaniem chatbotów, o tyle obecnie są one wykorzystywane w takich obszarach, jak handel, biznes, wyszukiwanie informacji czy edukacja [Abu Shwar, Atwell, 2007, s. 29].

Celem rozdziału jest identyfikacja publicznych uczelni akademickich w Polsce, które wdrożyły chatboty jako narzędzia wspierające komunikację, oraz analiza stopnia zaawansowania tych rozwiązań, ze szczególnym uwzględnieniem ich skuteczności w odpowiadaniu na pytania użytkowników oraz interpretacji wprowadzonych haseł kluczowych. Autorka wskazuje na chatboty jako narzędzia automatyzacji komunikacji uczelni wyższych, a także przytacza przykłady w zakresie ich wykorzystania jako narzędzia wspomagającego zarządzanie komuni-

kacją w celach organizacyjnych i administracyjnych. Podmiot badań stanowią publiczne uczelnie wyższe. Przedmiotem badania są chatboty wykorzystywane w publicznych uczelniach w Polsce, które autorka poddaje opisowi i analizie.

2.1. Rola komunikacji w uczelniach wyższych w kształtowaniu jakości usług edukacyjnych

Jakość w szkolnictwie wyższym to wielowymiarowe pojęcie, które powinno przejawiać się we wszystkich jego elementach i funkcjach od programów kształcenia, kadry akademickiej i jej kompetencji, przez studentów, aż po zaplecze infrastrukturalne, wyposażenie placówki czy też usługi dla ogółu społeczeństwa [Barcik, 2006, s. 16]. Zdaniem Dorosiewicz jakość kształcenia można rozpatrywać w dwóch aspektach: z jednej strony pod kątem zgodności z formalnymi wymogami, które określa ustawa o szkolnictwie wyższym, z drugiej – z perspektywy wymagań klientów uczelni [Dorosiewicz, 2011, s. 85]. Stecyk w zaprezentowanej przez siebie koncepcji wyszczególnił blisko 50 determinant kształtujących jakość usług edukacyjnych zarówno z perspektywy usługodawcy (uczelni), jak i usługobiorcy (studenta). Stosując interdyscyplinarne podejście, autor wyodrębnił pięć płaszczyzn połączonych siecią połączeń i relacji, które stanowią główne filary jakości usług edukacyjnych: płaszczyznę organizacyjną, ekonomiczną, infrastrukturalną, metodyczną i społeczną, jednocześnie wskazując, iż na każdej płaszczyźnie mamy do czynienia z kapitałem ludzkim [Stecyk, 2016, s. 140-146]. Sprawia to, że przy tak wielu podmiotach uczestniczących w procesie powstawania odpowiedniej jakości usług edukacyjnych niezbędna jest odpowiednia komunikacja zarówno pomiędzy podmiotami istotnymi na poszczególnych płaszczyznach, jak i pomiędzy poszczególnymi płaszczyznami.

Komunikacja jest wieloaspektową i złożoną kategorią, która może być rozumiana w różnorodny sposób, jednakże każda z dostępnych w literaturze definicji odnosi się do określenia jej mianem procesu wymiany informacji, który jest istotny w przypadku podmiotów uczestniczących w procesie kształtowania jakości usług edukacyjnych. Komunikacja może być traktowana zatem jako: rozumienie przekazu, przekazywanie informacji, oddziaływanie ludzi i instytucji na siebie, tworzenie wspólnoty, interakcja, wymiana poglądów i opinii, składnik procesu społecznego [Wiktor, 2013, s. 14-15]. McQuail wyszczególnił poszczególne rodzaje (poziomy) komunikowania na podstawie zasięgu i częstotliwości aktów, tworząc piramidę komunikacji. U jej podstaw leży komunikowanie intrapersonalne, które oznacza przetwarzanie informacji. Kolejny poziom stanowi

komunikowanie interpersonalne, które można definiować jako wymianę językowych i niejęzykowych komunikatów w momencie, gdy nadawca przekazuje odbiorcy określony komunikat, a ten przyjmuje go do wiadomości. Istnieje również komunikowanie wewnątrz grup, pomiędzy grupami lub zbiorowościami czy też komunikowanie instytucjonalne oraz masowe [McQuail, 2008, s. 36]. Każdy z wymienionych rodzajów komunikowania wiąże się ściśle z przybliżonymi wcześniej płaszczyznami jakości usług edukacyjnych. Komunikacja, która dotyka szerokiego obszaru działań uczelni (od komunikacji między jednostkami po komunikowanie masowe), jest zatem warunkiem koniecznym zapewnienia odpowiedniej jakości usług edukacyjnych [Kopcińska, 2018, s. 90].

Istota komunikacji sprowadza się do procesu przekazywania informacji pomiędzy nadawcą i odbiorcą poprzez określony kanał i odpowiednie środki komunikowania, a sam proces obejmuje sześć kluczowych elementów, których obecność bądź świadomość w znaczący sposób wpływa na jakość samej komunikacji. Pierwszym z nich jest konieczność występowania nadawcy i odbiorcy komunikatu, a dalej – samego komunikatu. Niezbędny jest również kanał przekazu stanowiący środki i sposoby dotarcia z komunikatem do odbiorcy, który może obejmować środki prezentacyjne (jak głos, mimika, gesty), reprezentacyjne (obrazy, grafiki, filmy) oraz techniczne (mechaniczne urządzenia umożliwiające przekaz informacji, jak np. radio, telewizja, komputer). Konieczna jest również identyfikacja ewentualnych szumów, czyli zakłóceń, które mogą przybierać formę szumów semantycznych (związanych z niewłaściwym wyrażeniem intencji przez nadawcę), szumów wewnętrznych (wynikających z cech osobowościowych poszczególnych uczestników komunikacji) czy też szumów zewnętrznych (które stanowią zakłócenia płynące z otoczenia) [Wiktor, 2013, s. 16]. W komunikacji istotne jest również sprzężenie zwrotne, stanowiące reakcję odbiorcy na otrzymany przekaz, a także występowanie kontekstu komunikacji, czyli zespołu różnorodnych warunków, które towarzyszą komunikacji (jak kontekst kulturowy, historyczny, fizyczny, psychologiczny czy czasowy) [Taranko, 2015, s. 20-26]. Zdaniem Olsztyńskiej na jakość procesu komunikacji wpływa zaangażowanie wynikające z przynależności do danej instytucji i świadomość własnego wkładu w jej funkcjonowanie i rozwój. Istotne jest również zrozumienie, które opiera się na przejrzystości przekazu, oraz wiarygodność wynikająca z integracji wizji, misji i strategii organizacji z rzeczywistym zachowaniem jej pracowników. Konieczna jest też świadomość procesu komunikacji, która wynika z faktu istotności tego procesu dla odbiorcy i braku skomplikowania konstrukcji przekazu [Olsztyńska, 2002, s. 169].

Uniwersytety na przestrzeni wieków przeszły ewolucję od monopolistycznych średniowiecznych instytucji, przez ośrodki badawcze, po podmioty two-

rzące wiedzę, uwzględniające z czasem coraz większą grupę interesariuszy. Współcześnie uczelnie wyższe łączą koncepcję uniwersytetu liberalnego i przedsiębiorczego. Koncepcja uniwersytetu liberalnego zakładała traktowanie uczelni wyższych jako świątyń wiedzy zależnych od państwa. Uniwersytet przedsiębiorczy kładzie natomiast nacisk na współpracę i budowanie relacji z otoczeniem, znaczenie silnej, centralnej władzy uczelni, której zadaniem jest szerzenie kultury przedsiębiorczości oraz motywowanie akademickiego środowiska do podejmowania działań mających na celu poszukiwanie pozabudżetowych źródeł finansowania [Leja, 2011, s. 47-48]. Obecnie funkcjonowanie uczelni wyższych zaczyna coraz bardziej przypominać działania przedsiębiorstw na konkurencyjnym rynku. Z uwagi na niż demograficzny coraz więcej uczelni publicznych staje przed problemem pozyskania nowych studentów [Antonowicz, Gorlewski, 2011, s. 2-8]. System szkolnictwa wyższego powinien zarówno wpływać na zmiany występujące w otoczeniu, jak i zmieniać się pod ich wpływem.

Uczelnie wyższe funkcjonują w otoczeniu, które tworzy zbiór czynników i podmiotów wywierających na nią długoterminowy wpływ. Konkretnie podmioty funkcjonujące w otoczeniu każdej organizacji, z którymi ta musi się liczyć, to jej interesariusze [Krzak, 2011, s. 153]. Interesariusz to podmiot lub osoba zainteresowana działalnością danej organizacji i obciążona ewentualnym ryzykiem związanym z jej funkcjonowaniem, a jednocześnie wywierająca na daną organizację bezpośredni lub pośredni wpływ [Gruszecki, 2002, s. 246]. W literaturze definiowane są różne grupy otoczenia uczelni, jednak do najczęściej wymienianych należą [Krzyżak, 2009, s. 120]:

- kandydaci na studia,
- studenci,
- rodziny kandydatów oraz studentów,
- absolwenci uczelni wraz z rodziną,
- pracownicy uczelni,
- stowarzyszenia zawodowe,
- społeczność lokalna, krajowa i międzynarodowa,
- podmioty gospodarcze,
- lokalne i krajowe media,
- podmioty finansujące badawczą i edukacyjną sferę działalności uczelni,
- inne instytucje związane z edukacją.

Chłodnicki [2004, s. 157] proponuje natomiast podział interesariuszy na cztery grupy:

- obecny i potencjalny personel uczelni wraz z ich rodzinami,
- studenci i słuchacze innych form kształcenia oraz kandydaci na studia stanowiący łącznie grupę klientów,

- dostawcy, pośrednicy, kooperanci towarów i usług wykorzystywanych przez uczelnię, instytucje finansowe, konkurenci oraz współpracujące uczelnie,
- wpływowe podmioty pełniące opiniotwórczą funkcję, jak: administracja państwowa, media, korporacje i stowarzyszenia branżowe, przedstawiciele instytucji naukowych, innych uczelni oraz byli pracownicy.

Z punktu widzenia głównego celu uczelni wyższych, jakim jest kształcenie, studenci stanowią grupę ich kluczowych interesariuszy. To właśnie od ich liczby oraz jakości uzależniony jest byt uczelni [Drapińska, 2011, s. 136]. Z kolei dla kształtowania oferty edukacyjnej punkt wyjścia stanowią kandydaci. Poznanie ich oczekiwań i potrzeb przyczynia się do zwiększenia atrakcyjności oferty uczelni, zwłaszcza w kontekście zmian demograficznych, które przyczyniły się do spadku popytu na usługi edukacyjne [Michalak, Mruk-Tomczak, 2018, s. 227-228].

Zdaniem prekursora koncepcji marketingu relacji Berry'ego pozyskanie nowego klienta to dopiero pierwszy krok w procesie budowania relacji, ponieważ istota marketingu relacji polega na stworzeniu, utrzymaniu i wzbogacaniu relacji z klientami, których już posiada dana organizacja [Berry, 1983, s. 36]. Ponadto specyfika usług sprawia, iż możliwość wpływania na decyzje konsumentów na wstępnym etapie jej realizacji (przed zakupem) jest ograniczona. Kluczowa rola przypada tu procesowi, w którym klient uczy się poprzez doświadczenie zdobywane w trakcie kontaktu z organizacją i jej ofertą [Mitręga, 2005, s. 30]. Należy pamiętać, iż relacje powstają w wyniku kontaktu organizacji z klientem. Współcześnie mogą one zachodzić bez konieczności fizycznego kontaktu poprzez reprezentację przedsiębiorstwa w postaci stron internetowych, telefonicznej obsługi klienta czy przedstawicieli organizacji w punktach sprzedaży [Storbacka, 1994, s. 72]. Relacja jest złożonym pojęciem, które warunkuje wiele elementów tworzących sieć powiązań i łącznie oddziałujących na ostateczny kształt relacji. Wśród elementów zarządzania relacjami w przypadku usług edukacyjnych Drapińska wskazuje na: jakość (która stanowi wynik zestawienia otrzymanej usługi i oczekiwań względem niej), wartość (którą stanowią koszty ponoszone przez studentów i korzyści płynące z procesu edukacji i oferty szkoły wyższej), satysfakcję (której kształtowanie stanowi skomplikowany proces, bowiem usługa edukacyjna jest rozciągnięta w czasie, a studenci mają styczność z wieloma płaszczyznami uczelni), reputację (czyli prestiż i renomę, będącą pochodną wizerunku i tożsamości uczelni), zaufanie (które jest istotne zwłaszcza w sytuacji niepewności i ryzyka wynikających z niepełnej informacji oraz znaczącego wpływu usługi edukacyjnej na życie studentów), zaangażowanie (które powoduje chęć trwania w relacji i utrzymania jej) oraz komunikację, oznaczającą dwustronny dialog, w którym poza wysyłaniem komunikatów uczelnia ocze-
kuje informacji zwrotnej [Drapińska, 2008, s. 15-17].

2.2. Komunikacja cyfrowa w uczelniach wyższych

Komunikacja stanowi obecnie nie tylko aspekt zapewniający sprawne funkcjonowanie danej jednostki organizacyjnej w jej otoczeniu, ale wpływa również na wizerunek całej organizacji, który przekłada się na wzrost konkurencyjności danego podmiotu i stanowi istotny element konkurowania danej placówki na rynku. Obecne zmiany wymagają jednak nie tylko zaplanowania i uwzględnienia następujących zmian, ale i charakterystyki odbiorców [Koszembar-Wiklik, 2015, s. 9-10]. W celu zwiększenia skuteczności komunikacji niezbędna jest obecność uczelni i jej komunikatów w takim miejscu i formie, w jakiej funkcjonują obecnie jej interesariusze. Zmiany, jakie zachodzą w otoczeniu uczelni oraz potrzebach interesariuszy, wskazują na wzrost roli komunikacji opartej na nowoczesnych technologiach, a tym samym na wzroście elastyczności w zakresie komunikacji [Michalak, Mruk-Tomczak, 2018, s. 229-231]. Na znaczeniu zyskują bowiem kody językowe, jakie są stosowane przez nadawców i odbiorców komunikatów. Wzrost skuteczności komunikacji jest tym wyższy, im zbieżność słów oraz kanałów dla nadawcy i odbiorcy komunikatu jest większa [Heath, 2013].

Jabłońska przytacza koncepcję Prensky'ego, w której określa on młode osoby cyfrowymi tubylcami, czyli osobami mającymi niemalże od urodzenia kontakt z technologią i cyfrowym światem, co powoduje, iż jest on dla nich naturalną przestrzenią życia i funkcjonowania. Osoby te biegle korzystają z nowoczesnych technologii, funkcjonując jednocześnie w wysoce zautomatyzowanym świecie, a wszelakie nowości cyfrowe stanowią jedynie dodatek do rzeczywistości, w której żyją [Jabłońska, 2018, s. 14]. Jak wspomniano, studenci (a także kandydaci traktowani jako przyszli studenci) stanowią główną grupę interesariuszy uczelni wyższych z punktu widzenia jej celu, jakim jest kształcenie. Internet stanowi dla obecnego pokolenia podstawowe narzędzie rozrywki, źródło informacji oraz narzędzie komunikacji i naturalne środowisko funkcjonowania. Zmiany, jakie zachodzą w charakterystyce kolejnych pokoleń, powinny być zatem impulsem do zmian w systemie komunikacji oraz działaniach marketingowych, jakie wykorzystują uczelnie. Z uwagi na to, że internet stał się dla obecnych studentów i kandydatów naturalnym środowiskiem, w którym realizowana jest znaczna część ich aktywności, tam właśnie uczelnie powinny poszukiwać możliwości budowania relacji oraz prób dotarcia z określonymi komunikatami [Koszembar-Wiklik, 2015, s. 11-13].

Komunikacja cyfrowa to komunikacja wykorzystująca technologie i media cyfrowe [Grami, 2016, s. 5]. Obejmuje elektroniczne przesyłanie zakodowanych cyfrowo informacji, przez co umożliwia liczne interakcje, takie jak wysyłanie wiadomości e-mail czy publikowanie treści w mediach społecznościowych, a także

rozmowy wideo i internetowe komunikatory. Ta forma komunikacji zmieniła sposób, w jaki odbywa się wymiana informacji, czyniąc ją pozbawioną granic i natychmiastową [Philips, 2024, s. 35]. Pojęcie komunikacji cyfrowej obecnie stosowane jest do interakcji pomiędzy człowiekiem i komputerem, człowiekiem – medium cyfrowym – człowiekiem, grupą osób – medium cyfrowym – grupą osób, a także zespołem inteligentnych agentów (systemów) [Fichnová i in., 2020, s. 31]. Technologiczna rewolucja, która polegała na przekształceniu technologii analogowych w cyfrowe, stwarza nowe możliwości oraz wyzwania w kontekście komunikacji [Rahmawati, Sujono, 2021, s. 61]. Dotychczasowe sposoby przepływu informacji i komunikowania się ulegają zmianie wskutek dynamicznego rozwoju nowych technologii. Rozwój internetu oraz technologii cyfrowych umożliwia wielokierunkową komunikację oraz prowadzenie dialogów w niespotykanej wcześniej skali [Straube, Szumniak-Samolej, 2011]. Z uwagi na ciągłe zmiany i ulepszanie wykorzystywanych technologii nieustannie wzrasta znaczenie cyfryzacji we wszystkich obszarach życia [Instytut Analiz Rynku Pracy, 2020, s. 15].

W ciągu ostatnich lat zaobserwowano znaczny wzrost znaczenia komunikacji cyfrowej. Współczesne przedsiębiorstwa i organizacje przechodzą dynamiczny proces transformacji, przenosząc swoją działalność do świata cyfrowego. Komunikacja cyfrowa zaczęła w wielu przypadkach przeważać nad tradycyjnymi formami kontaktu, takimi jak spotkania twarzą w twarz czy pisma papierowe. Wirtualne narzędzia umożliwiają szybką wymianę informacji, dostęp do danych na żądanie oraz stały kontakt z interesariuszami, dzięki czemu organizacje mogą łatwiej dostosowywać się do dynamicznie zmieniającego się otoczenia. Zrewolucjonizowaniu zostały poddane zarówno narzędzia, jak i sam charakter komunikacji poprzez pokonanie barier czasu i przestrzeni, umożliwiając zwiększenie możliwości nawiązywania nowych relacji [Przywara, Leonowicz-Bukala, 2020]. Przeniesienie działalności firm i organizacji do świata cyfrowego to nie tylko kwestia technologii, ale również rewolucji w sposobie komunikacji. Komunikacja cyfrowa staje się nieodłącznym elementem strategii biznesowych, zdolnym zrewolucjonizować sposób, w jaki firmy funkcjonują i komunikują się zarówno wewnętrznie, jak i z otoczeniem zewnętrznym [Kobec, 2023, s. 67-73].

Współcześnie strategie działań z zakresu komunikacji są ukierunkowane na dialog pomiędzy daną organizacją a jej klientami, uwzględniając wykorzystanie systemów konwersacyjnych. Innowacje w zakresie procesów cyfrowej komunikacji przyczyniły się do zmiany strategii komunikowania z podejścia kładącego nacisk na to, w jaki sposób organizacja może dotrzeć do interesariuszy, na podejście kładące nacisk na to, w jaki sposób interesariusze mogą dotrzeć do organizacji, co więcej – w jaki sposób interesariusze i organizacja mogą dotrzeć nawzajem do siebie [Gołuchowski, Paliszkiewicz, 2020, s. 80]. McLuhan zauważył jeszcze

w „przedinternetowej epoce”, że samo medium (rozumiane jako środek przekazu) może stanowić przekaz, ponieważ kształtuje i kontroluje ono formę i zakres ludzkiej działalności. Ponadto sam środek przekazu odznacza się większym wpływem na sposób, w jaki odbiorcy postrzegają informacje, niż sama treść [McLuhan, 2004, s. 39]. W procesie planowania komunikacji istotne są tendencje odbiorców dotyczące wykorzystywanych form mediów. Zatem nie tylko publikowane treści, ale i wykorzystywane środki powinny być odpowiednie zarówno dla docelowej grupy odbiorców, jak i zachodzących zmian w systemach komunikacji z otoczeniem [Goban-Klas, 2015, s. 220].

Formy kontaktu z wykorzystaniem internetu zmieniały się na przestrzeni lat. Pomimo ciągłej popularności komunikacji asynchronicznej (jakiej przykładem jest np. poczta e-mail), strefa komunikacji została zdominowana przez portale społecznościowe i aplikacje komunikacyjne [www1]. Sprawilo to, iż internet może być traktowany zarówno w charakterze sieci komputerowej, jak i sieci społecznej.

Dla cyfrowych tubylców asynchroniczne formy komunikowania się są mniej atrakcyjne, zwłaszcza że internet od początku umożliwiał nieustanną możliwość kontaktu z drugą osobą [Przywara, Leonowicz-Bukała, 2020, s. 14]. Można przyjąć, iż komunikacja zmierza w stronę coraz większej automatyzacji w formie internetowych asystentów, botów mogących udzielać odpowiedzi na zadawane pytania czy sztucznej inteligencji, która umożliwia zbieranie danych dotyczących użytkowników oraz tworzenie skutecznych rozwiązań z zakresu komunikacji [Kucharska, 2014, s. 56].

Technologie cyfrowe przyczyniły się do zrewolucjonizowania wszystkich aspektów naszego społeczeństwa. Ciągłym przekształcaniem ulega również sektor edukacji, gdzie proces kształcenia i uczenia stał się nierozzerwalnie związany z technologią cyfrową. Europejskie Ramy Cyfrowych Kompetencji (określane jako DigComp) opisują w szczegółowy sposób modelowe kompetencje informatyczne obywateli (umiejętności, które powinien posiadać obywatel, aby móc czynnie uczestniczyć w życiu gospodarczym i społecznym). DigComp wskazuje na pięć obszarów kompetencji informatycznych [Komisja Europejska, 2020]:

- kompetencje informacyjne i przetwarzanie danych,
- współpraca i komunikacja,
- treści cyfrowe,
- bezpieczeństwo,
- rozwiązywanie problemów.

Uczniowie na wszystkich poziomach edukacji będą zobligowani do sprostanania współczesnym trendom, gdzie poza posiadaną wiedzą konieczna będzie

znajomość określonych umiejętności, takich jak: inteligencja emocjonalna, pogłębione wnioskowanie oraz obliczeniowy, projektowy, adaptacyjny i innowacyjny sposób myślenia, interdyscyplinarność, międzykulturowe kompetencje, wirtualna współpraca, umiejętność pracy w szumie informacyjnym, a także cyfrowe kompetencje, które są ściśle związane z nowymi mediami [Plebańska, Szyller, Sieńczewska, 2020, s. 14]. Bez względu na rodzaj technologii komunikacyjnych, warunkiem skuteczności komunikacji musi być jej dostępność oraz zrozumiałość dla odbiorców, a w istotnych przypadkach możliwość oceny [O'Neill, 2024, s. 35]. Przywiązują oni bowiem dużą wagę do swoich potrzeb komunikacyjnych. Indywidualne podejście do każdego z nich staje się istotnym czynnikiem wpływającym na satysfakcję oraz wyniki w nauce [Dennen, Darabi, Smith, 2007, s. 66-67].

2.3. Chatboty jako narzędzie komunikacji w uczelniach wyższych

Postępy w badaniach nad sztuczną inteligencją, zwłaszcza w dziedzinie przetwarzania języka naturalnego, doprowadziły do dynamicznego rozwoju rynku oprogramowania związanego z botami, które naśladują ludzkie zachowania. Liczne organizacje, dostrzegając ten trend, są coraz bardziej zainteresowane wdrażaniem tego typu rozwiązań [Filipczyk, 2018, s. 54]. Marketing 5.0 to koncepcja zakładająca wykorzystywanie zaawansowanych technologii, jak np. robotyka, rozszerzona rzeczywistość czy sztuczna inteligencja, w celu efektywnego komunikowania się z klientami i dostarczaniu im określonych wartości. Nowoczesne technologie stanowią wsparcie w nawiązywaniu kontaktów z klientami, przy czym najczęściej w tym zakresie wykorzystuje się chatboty [Kotler, Kartajaya, Setiawan, 2021, s. 15].

W 1950 roku Turing prowadził rozważania na temat tego, czy ludzie mogą prowadzić rozmowę z komputerem, nie mając jednocześnie świadomości, że rozmówca nie jest prawdziwą osobą. To zagadnienie, znane jako test Turinga, uznawane jest przez wielu badaczy za podstawę koncepcji generatywnych chatbotów [Turing, 1950]. W historii rozwoju chatbotów powstało wiele różnych programów. Poniżej zostaną zaprezentowane jedynie wybrane programy, kluczowe (zdaniem autorki rozdziału) dla rozwoju koncepcji chatbotów.

Jednym z pierwszych chatbotów była Eliza (1966), której zadanie polegało na symulowaniu rozmów z psychoterapeutą [Weizenbaum, 1966]. Wykorzystywane w tym celu były proste reguły dopasowania do przyjętych wzorców i prze-

kształcające wypowiedzi użytkowników na podstawie założonych szablonów, co miało na celu sprawienie wrażenia konwersacji [Brandtzaeg, Følstad, 2017]. Mimo licznych ograniczeń, Eliza stanowiła przełom w badaniach nad sztuczną inteligencją poprzez pokazanie potencjału wykorzystania chatbotów do komunikacji [Wang, 2024]. W 1972 roku został stworzony chatbot o nazwie Parry, który miał symulować pacjenta chorego na zaburzenia osobowości [Colby, Weber, Hilf, 1971]. Odznaczał się większym stopniem zaawansowania w analizowaniu języka oraz większą zdolnością do prowadzenia konwersacji [Zemčík, 2019]. Stworzony w 1988 roku Jabberwacky był jednym z pierwszych chatbotów zdolnych do prowadzenia konwersacji w sposób przypominający ludzki [Jwala, Sirisha, Padma Raju, 2019]. Na prowadzenie złożonych konwersacji pozwalała jednak dopiero Alice, stworzona 1995 roku, która została zaprojektowana w taki sposób, aby jak najlepiej symulować rozmowę z człowiekiem. Wykorzystywała w tym celu elementy sztucznej inteligencji, w głównej mierze w kontekście przetwarzania języka naturalnego [Heller i in., 2005]. W 2001 roku powstał oparty na sztucznej inteligencji chatbot Smarter Child, który został zaprojektowany jako inteligentny asystent cyfrowy, zdolny do komunikowania się z użytkownikiem, jednocześnie integrując się z popularnymi komunikatorami. Był zdolny do dostarczenia takich informacji, jak pogoda czy wiadomości. Jednocześnie uczył się zachowań i preferencji użytkownika, a następnie uwzględniał je przy udzielaniu odpowiedzi, posługując się przy tym językiem naturalnym [Okonkwo, Ade-Ibijola, 2021]. W 2011 roku firma Apple wprowadziła na rynek opartego na sztucznej inteligencji asystenta głosowego o nazwie Siri. Był on zdolny do rozpoznawania mowy i przetwarzania języka naturalnego, co powodowało, że mógł zrozumieć pytania użytkowników i udzielić spersonalizowanych odpowiedzi. Ponadto był w stanie wykonywać różne zadania, jak nawiązywanie połączeń telefonicznych, wysyłanie wiadomości czy ustawianie przypomnień [Wang, 2024, s. 59]. W kolejnych latach Firma Amazon oraz Google wprowadziły na rynek swoich wirtualnych asystentów: Alexę i Google Asistant. ChatGPT jest najbardziej rozwiniętym chatbotem, opracowanym przy użyciu zaawansowanego uczenia maszynowego. Ma za zadanie symulować ludzkie rozmowy i dostarczać informacji pozyskanych w czasie rzeczywistym. Od 2019 roku powstało kilka jego generacji: ChatGPT1, ChatGPT2, ChatGPT3, ChatGPT3.5 i ChatGPT4, które wraz z rozwojem zaczęły umożliwiać prowadzenie coraz dłuższych i bardziej skomplikowanych konwersacji i udzielać odpowiedzi o dużym stopniem precyzji z uwzględnieniem kontekstu wypowiedzi [Wu i in., 2023].

Chatboty stanowią specyficzny rodzaj oprogramowania, którego zadanie w głównej mierze polega na naśladowaniu człowieka w obszarze prowadzenia konwersacji w interaktywny sposób, z wykorzystaniem języka naturalnego

w celu stworzenia u użytkownika wrażenia konwersacji z innym człowiekiem [Pleban, 2011, s. 198]. W pierwotnej formie chatboty wyświetlały odpowiedź na przygotowane wcześniej i wywołane przez użytkownika zagadnienia. „Wraz z rozwojem technologii rozpoznawania mowy i generowania mowy z tekstu oczywistym, bo bliższym realnej, naturalnej komunikacji ludzi, etapem ewolucji tego typu oprogramowania było połączenie obu tych funkcji. Rezultatem są nieustanne próby zbudowania mówiącego i reagującego na mowę chatbota realistycznie symulującego interakcję z człowiekiem” [Wolski, 2019, s. 64].

Chatboty umożliwiające prowadzenie przez całą dobę rozmów z klientami zyskują coraz większą popularność, co sprawia, że wkrótce mogą one stać się kluczowym narzędziem komunikacji marketingowej [Kubasik, 2024, s. 133]. Są one traktowane jako model technologicznej aplikacji promujący naukę i komunikację interpersonalną, mogącej pełnić rolę wirtualnego asystenta, który w formie konwersacyjnej udziela odpowiedzi. Przyczyniają się do dostarczenia użytkownikom różnych rodzajów wiedzy i informacji poprzez interaktywne metody i interfejsy, które są łatwe w obsłudze. Ponadto mogą być traktowane jako narzędzie służące do osobistej komunikacji oraz zarządzania wiedzą [Muniasamy, Alasiry, 2020, s. 191]. Ograniczenia o charakterze czasowo-przestrzennym przyczyniają się do zwiększenia popularności zastosowania chatbotów [Zhou i in., 2020, s. 54].

Obecnie wskazuje się na dwa główne rodzaje chatbotów: deklaratywne (zorientowane na zadania) oraz konwersacyjne (opierające się na danych, umożliwiające przewidywanie). Chatboty deklaratywne są określane jako programy jednozadaniowe, które są w stanie generować zautomatyzowane odpowiedzi podtrzymujące konwersację z użytkownikiem do momentu uzyskania satysfakcjonującej odpowiedzi lub w przeciwnym razie – połączenia z konsultantem. Najczęściej znajdują zastosowanie w obszarze usług oraz wsparcia i przypominają zestaw najczęściej zadawanych pytań. Chatboty konwersacyjne są często nazywane cyfrowymi lub wirtualnymi asystentami i odznaczają się większym stopniem zaawansowania, interaktywności i personalizacji, cechując się przy tym rozumieniem języka naturalnego, a także uczenia się. Dzięki predykcyjnej inteligencji i analityce są w stanie personalizować interakcje w oparciu o profile i wcześniejsze zachowania użytkowników. Wykorzystywana jest w tym celu sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe i technologia rozumienia języka naturalnego [www2]. Babar, Lapouchnian i Yu wskazują na chatboty wykorzystujące strukturę drzewiastą (oparte na wyszukiwaniu) i chatboty oparte na modelu generatywnym. Pierwsze z nich są oparte na wyszukiwaniu repozytoriów o różnej wielkości i w pewnym stopniu stanowią imitację ludzkiej pamięci w celu uzyskania odpowiedzi. Chatbot generuje odpowiedzi poprzez dokonywanie pro-

stych porównań i konstruuje odpowiedzi na podstawie stworzonych wcześniej baz danych. W takich chatbotach programiści tworzą struktury drzew decyzyjnych, na podstawie których chatbot przeprowadza użytkownika przez określone wcześniej dialogi. Modele generatywne nie opierają się na z góry określonych odpowiedziach. Wykorzystywane jest w tym przypadku uczenie maszynowe [Babar, Lapouchnian, Yu, 2017]. Obydwa z przytoczonych rodzajów chatbotów odznaczają się pewnymi wadami i zaletami. Wstępnie określone odpowiedzi w chatbotach opartych na wyszukiwaniu sprawia, iż nie popełniają one błędów językowych ani gramatycznych, co mogłoby być frustrujące dla niektórych użytkowników. Zdarza się jednak, że system nie jest w stanie znaleźć odpowiedzi na wcześniej zdefiniowane pytanie. Chatboty generatywne mogą natomiast odwoływać się do poprzednich informacji, a przez to sprawiać wrażenie rozmowy z prawdziwą osobą. Są one jednak trudniejsze do zaprogramowania oraz nauczania, zawierają również błędy gramatyczne, które są widoczne zwłaszcza w dłuższych rozmowach [Molnár, Zoltán, 2018].

Shevat rozróżnia natomiast następujące typy chatbotów: chatboty osobiste (które pełnią funkcję asystentów, kontaktując się bezpośrednio z pojedynczym użytkownikiem) i zespołowe (zdolne do obsługi procesów i czynności wykonywanych przez zespoły poprzez wsparcie ich w podejmowaniu decyzji), chatboty o określonej domenie (umożliwiające korzystanie z pojedynczych usług) i superboty (obsługujące wiele podłączonych usług, pozwalając tym samym na rozwój możliwości chatbota), chatboty konsumenckie (dostarczające rozrywki, przekazujące określone wiadomości, wspierające procesy marketingowe, zwiększające produktywność i wspomagające utrzymanie kontaktów) i biznesowe (mające na celu przeprowadzanie użytkowników przez procesy biznesowe, tak aby komunikacja skupiała się wokół wykonania określonego zadania, a nie dyskusji na jego temat), chatboty tekstowe (występujące najczęściej w internetowych komunikatorach) i głosowe (które umożliwiają prowadzenie rozmowy z nimi poprzez wydawanie krótkich poleceń i prostych pytań), chatboty wykorzystujące utworzone wcześniej systemy (gdzie istotne jest założenie, że dana usługa nie zostanie zlikwidowana) i nowe chatboty (stworzone dla nowych produktów czy usług) [Shevat, 2019, s. 23-31]. Barker wyróżnia cztery główne kategorie chatbotów z uwagi na obszar, w którym są stosowane: handel, usługi, rozrywka i chatboty doradcze [Barker, 2017, s. 30]. Chen, Liu i Yin dokonują podziału chatbotów na zadaniowe (mające pomóc użytkownikom w wykonaniu zadania) i nieukierunkowane na zadanie (koncentrujące się na rozmowie i rozrywce) [Chen, Liu i Yin, 2017]. Innej typologii dokonują Nuruzzaman i Hussain, którzy wskazują na chatboty oparte na celach – przeznaczone do konkretnego zadania (konwersacyjne, informacyjne, oparte na aktywności), wiedzy – klasyfikowane

według źródła lub możliwej do przetworzenia ilości danych (otwarto-domenowe i zamknięto-domenowe), usługach – mające zapewnić udogodnienia klientowi (interpersonalne, intrapersonalne, międzyagentowe) oraz odpowiedziach – jakie działania wykonują podczas odpowiedzi (modele oparte na szablonach, generatywne, oparte na wyszukiwaniu odpowiedzi, modele wyszukiwarki) [Nuruzza-man, Hussain, 2018, s. 55-56].

W ostatnich latach chatboty znalazły zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak: systemy wspierające, marketing, rozrywka, dziedzictwo kulturowe, opieka zdrowotna czy edukacja [Adamopoulou, Moussiades, 2020, s. 373]. Postępujący rozwój technologii informatycznych przyczynia się do tego, że dziś chatboty są zdolne do samodzielnego wykonywania dużej ilości zadań, do której zaangażowanych musiałoby być wielu pracowników. Przykład tego typu aktywności stanowi obsługa klienta poprzez internetową komunikację, która w standardowej formie wymagałaby całodobowej obecności pracowników. Ponadto możliwości fizycznych pracowników ograniczają się do obsługi jednego klienta w danym momencie, co mogłoby generować długi czas oczekiwania na odpowiedź. Sprawia to, że chatboty stanowią nie tylko korzystne rozwiązanie w zakresie poprawy i zapewnienia ciągłości komunikacji i wizerunku danej organizacji, lecz również przyczyniają się do optymalizacji kosztów [Kozłowska, Rodzik, 2018, s. 9-11].

2.4. Charakterystyka chatbotów wspierających komunikację uczelni publicznych z kluczowymi interesariuszami

Celem badania było wskazanie publicznych uczelni akademickich w Polsce wykorzystujących chatboty oraz opis zastosowanych w tym zakresie rozwiązań. W celu identyfikacji uczelni wykorzystujących chatboty przeanalizowano strony internetowe wszystkich 65 publicznych uczelni akademickich nadzorowanych przez ministra ds. szkolnictwa wyższego i nauki [www3]. Sprawdzono, czy uczelnie te stosują na swoich stronach internetowych chatboty – w pierwszej kolejności na stronie głównej, a następnie w zakładkach skierowanych do kandydatów (lub poświęconych rekrutacji na studia) oraz studentów. Przeanalizowano interfejs chatbotów pod kątem oferowanych treści i możliwości dialogu, następnie chatbotom zadano pytania mające na celu sprawdzenie, jak radzą sobie z odpowiedziami na pytania zadane w formie hasła oraz pełnego zdania o nieskomplikowanej konstrukcji (hasła/pytania miały następujące brzmienie: „progi punktowe”,

„ile trzeba mieć punktów, żeby dostać się na uczelnię?”, „harmonogram sesji”, „kiedy zaczyna się rok akademicki?”).

Chatboty były stosowane jedynie na siedmiu publicznych uczelniach wyższych spośród wszystkich poddanych badaniu, w tym na trzech znajdowały się na stronie głównej uczelni, a na czterech w zakładkach kierowanych do kandydatów. Na żadnej z badanych uczelni chatboty nie pojawiały się niezależnie w zakładce skierowanej do studentów. Publiczne uczelnie wyższe posiadające chatbota na głównej stronie to: Uniwersytet Śląski [www4], Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie [www5] i Politechnika Białostocka [www6]. Uczelnie, które posiadają chatboty dostępne w zakładkach skierowanych do kandydatów lub poświęconych rekrutacji na studia to natomiast: Politechnika Śląska [www7], Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie [www8], Uniwersytet Pomorski w Słupsku [www9], Szkoła Główna Handlowa w Warszawie [www10].

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Uniwersytecie Śląskim

Jak wynika z informacji przedstawionych przez twórcę chatbota Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, firmę Actionbot, ma on na celu usprawnienie wsparcia w następujących obszarach: pomoc dla kandydatów, porady dla studentów, informacja o studiach podyplomowych, wsparcie pracowników, podstawowe informacje dotyczące uczelni, stypendiów i czesnego, najczęściej zadawane pytania (FAQ) oraz nawigacja po stronie w celu zarówno ułatwienia dostępu do informacji, jak i stworzenia nowego kanału komunikacji. Ponadto chatbot pomaga przy składaniu wniosków i wysyłaniu dokumentów, a także zachęca do interakcji – użytkownicy mogą korzystać z przejrzystego menu chatu, które sugeruje tematy, a także podejmować rozmowy z chatbotem w tych obszarach [www11].

Po otwarciu okna chatbota użytkownik ma do wyboru następujące kategorie: student, kandydat na studia, doktorant, pracownik, słuchacz studiów podyplomowych. W przypadku każdej z nich, po dokonaniu wyboru pojawia się proponowana lista zagadnień, która w zależności od wybranej pozycji prowadzi użytkownika przez kolejne pytania, sugerując mu następne podkategorie możliwej tematyki w celu lepszego doprecyzowania pytania. Następnie wyświetlana jest zwięzła odpowiedź wraz z odniesieniem do odpowiedniej podstrony uczelni. Istnieje również możliwość zadania własnego pytania, jednak pojawia się ona dopiero po wybraniu jednej z proponowanych kategorii tematycznych. W przypadku bardziej rozbudowanych pytań chatbot informował o niemożliwości udzielenia odpowiedzi i sugerował sformułowanie pytania w innej formie lub ponowne wybranie tematu z menu. Dla przykładu zadano chatbotowi dwa niezależne

pytania. Pierwsze z nich w formie hasła: „progi punktowe”. W tym przypadku chatbot udzielił odpowiedzi. Przy innym sformułowaniu tego samego pytania („ile trzeba mieć punktów, żeby się dostać na uczelnię?”) chatbot nie był w stanie udzielić żadnej odpowiedzi. Ponadto chatbot nie rozumiał takich haseł i pytań, jak: „harmonogram sesji”, „kiedy zaczyna się rok akademicki?”.

Jak wynika z informacji dostarczonych przez firmę Actionbot, w pierwszych dwóch miesiącach od uruchomienia z chatbotem Uniwersytetu Śląskiego zostało przeprowadzonych ponad 3780 rozmów, z czego większość stanowiły pytania od kandydatów na studia (39,7%) oraz studentów (36,1%). Mniej było zapytań ze strony pracowników uczelni (14,6%). Twórca oprogramowania podał, że aż w przypadku 94% rozmów kontekst podejmowanych rozmów został poprawnie rozpoznany [www11].

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

Chatbot Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie oferuje domyślnie 3 kategorie możliwej do podjęcia tematyki: rekrutacja, opłaty, stypendia. Po wybraniu jednego z proponowanych zagadnień chatbot podaje kilka kolejnych haseł tematycznych mieszczących się w wybranym zakresie, udziela formalnej informacji, podaje link, pod którym można znaleźć więcej informacji na wybrany temat oraz sugeruje możliwe kategorie kolejnych pytań, choć nie są to hasła pogłębiające zagadnienie, lecz ogólne, w tym powtarzające się z tymi, które zostały wyświetlone na samym początku konwersacji. Po wpisaniu przykładowego pytania, które potencjalnie nie jest adekwatne do zaproponowanej tematyki (dla przykładu wpisano pytanie „kiedy zaczyna się rok akademicki?”), chatbot był w stanie rozpoznać pytanie i udzielił informacji w formie wyświetlenia syntetycznego komunikatu zawierającego link z odniesieniem do strony, gdzie znajdują się potrzebne informacje (link do harmonogramu sesji i kolejno do informacji dotyczących organizacji roku akademickiego), a także podał niezbędne dane kontaktowe uczelni. Jednocześnie wyświetlone zostały dodatkowe pozycje haseł, które mogą być interesujące dla użytkownika. W przypadku innych pytań (zadano pytanie dotyczące progów punktowych w dwóch powyższych formach: „progi punktowe”, „ile trzeba mieć punktów, żeby się dostać na uczelnię?”) została wyświetlona identyczna syntetyczna informacja dotycząca definicji progów punktowych wraz z odniesieniem do strony zawierającej statystyki rekrutacyjne. Natomiast pytanie o „harmonogram sesji” zostało źle rozpoznane i zamiast poprawnej odpowiedzi lub informacji o niemożliwości jej udzielenia został podany link odsyłający do harmonogramu rekrutacji.

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Politechnice Białostockiej

Po otwarciu okna chatbota konieczne jest zaakceptowanie regulaminu i polityki prywatności. Następnie widoczna jest zakładka z pilnymi powiadomieniami oraz lista haseł, po wybraniu których użytkownik jest przenoszony na konkretną podstronę uczelni, a także przycisk umożliwiający rozpoczęcie czatu. Po jego wybraniu dostępne są następujące hasła tematyczne: kandydat na studia, student, doktorant, słuchacz studiów podyplomowych, pracownik. Po wybraniu odpowiedniej tematyki chatbot sugeruje kolejne hasła tematyczne w celu doprecyzowania pożądanego pytania. Możliwe jest również zadanie własnego pytania, jednak chatbot nie jest w stanie udzielić informacji na większość pytań – niezależnie od tego, czy są zadawane w formie syntetycznych haseł czy bardziej rozbudowanych zdań, chyba że natrafi się na słowo kluczowe, które posiada w swojej bazie – wówczas generuje pole z podobną kategorią tematyczną do zadanego pytania (po którego wybraniu użytkownik uzyskuje syntetyczne hasło i link). W tym przypadku jedynym pytaniem, na które chatbot był w stanie udzielić odpowiedzi było pytanie o to „kiedy zaczyna się rok akademicki?”. W odpowiedzi zostało zaproponowane hasło „kalendarz akademicki”, po którego wybraniu został wyświetlony link do podstrony uczelni o takiej samej nazwie.

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Politechnice Śląskiej

Chatbot Politechniki Śląskiej oferuje trzy kategorie tematyczne do wyboru: kandydat na studia, student, pracownik. Niezależnie można wpisać również własne pytanie. Po wybraniu kategorii tematycznej pojawia się lista sugerowanych tematów, na które udzielana jest zwięzła odpowiedź z dołączonym linkiem do podstrony, gdzie można znaleźć więcej informacji na dany temat, a sam chatbot nie stara się doprecyzowywać coraz dokładniej poszukiwanych zagadnień. Na przykładzie testowych pytań zadawanych chatbotowi zauważono, iż jeżeli nie potrafi udzielić odpowiedzi na konkretne zagadnienie, pojawia się informacja o niemożności udzielenia informacji na pytanie (w przypadku wpisania hasła: „progi punktowe”) lub sugestia, że użytkownik mógł mieć na myśli inne pytanie (wyświetla się lista możliwych zagadnień). W tym przypadku w zależności od zbieżności słów kluczowych z bazą chatbota proponowane zagadnienia były w ogóle niezwiązane z zadanym pytaniem (w przypadku pytań: „ile punktów trzeba mieć, żeby dostać się na uczelnię?”, „harmonogram sesji”) lub pojawiało się kilka sugestii mogących stanowić odpowiedź na zadane pytanie („kiedy zaczyna się rok akademicki?” – w sugerowanych tematach pojawiły się takie jak: „organizacja roku akademickiego”). Na uwagę zasługuje fakt, że choć menu chatbota zawiera obszary tematyczne skierowane do studentów i pracowników sam chatbot pojawia się tylko w zakładce skierowanej do kandydatów.

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie

Chatbot Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie posiada trzy kategorie tematyczne do wyboru: rekrutacja, opłaty, dokumenty rekrutacyjne. Pod każdą z nich są wyszczególniane dodatkowe podkategorie (są od razu widoczne, bez konieczności dotarcia do nich przez wybranie w pierwszej kolejności jednego z przytoczonych wyżej obszarów tematycznych). Po wybraniu zagadnienia interesującego odbiorcę udzielana jest obszerna informacja (w neutralnej, formalnej formie, przypominająca cytaty ze strony internetowej uczelni). Następnie proponowane są dodatkowe ogólne zagadnienia, które mogą być interesujące dla użytkownika. Chatbot nie stara się szerzej doprecyzować pytań, a udzielona odpowiedź jest dla niego ostateczną. W przypadku zadawanych słownie pytań chatbot stara się natomiast doprecyzować jego zakres tematyczny i udziela konkretnej odpowiedzi, zarówno na pytania zadane w formie hasła, jak i pełnego zdania („progi punktowe”, „ile trzeba mieć punktów, żeby dostać się na uczelnię?”). W przypadku pytań wykraczających poza obszar rekrutacji na studia chatbot udziela szczegółowych informacji dotyczących jednostki, która jest w stanie udzielić wymaganych informacji, takich jak: nazwa jednostki, adres e-mail, pod którym można uzyskać informacje, i kontakt telefoniczny oraz godziny pracy danej jednostki (pytanie o „harmonogram sesji”). Wydaje się, że chatbot rozumie pytania – pytanie zadane w kolokwialny sposób sparafrazował wykorzystując odpowiedź dla uczelni nazewnictwo, jednocześnie nie mając wystarczających informacji na zadane pytanie poinformował, iż takie informacje będą wkrótce dostępne (pytanie: „kiedy zaczyna się rok akademicki?”, odpowiedź: „Organizacja roku akademickiego 2024/25 pojawi się na stronie Uczelni niebawem”).

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Uniwersytecie Pomorskim w Słupsku

Chatbot Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku posiada szczegółowe kategorie tematyczne z zakresu rekrutacji, które użytkownik może wybrać: „oferta edukacyjna”, „rekrutacja krok po kroku”, „wymagane dokumenty”, „harmonogram rekrutacji”, „opłaty rekrutacyjne”, „badania lekarskie”. Po wybraniu odpowiedniej kategorii użytkownik jest proszony o doprecyzowanie pytania (pokazuje się kolejna lista zagadnień), a następnie wyświetlana jest odpowiedź na wybrane zagadnienie. Chatbot umożliwia również zadanie własnego pytania. Jego baza jest ograniczona do udzielania odpowiedzi na przygotowane wcześniej zagadnienia. Nie potrafi rozpoznać podstawowych zwrotów („progi punk-

towe”) lub rozpoznaje je nieprawidłowo w oparciu o wyszukanie w swojej bazie słów kluczowych bez szerszego kontekstu dla nich (na pytanie: „ile trzeba mieć punktów, żeby dostać się na uczelnię?” udzielił informacji dotyczącej punktu rekrutacyjnego – rozumianego jako miejsce). Na pytanie o „harmonogram sesji” wyświetlił informację dotyczącą Systemu Internetowej Rekrutacji Kandydatów (co może mieć przyczynę w ograniczeniu jego bazy wiedzy do tematyki związanej z kandydatami na studia). Jednocześnie poprawnie została udzielona odpowiedź na pytanie „kiedy zaczyna się rok akademicki?” – podana została konkretna data oraz link do harmonogramu roku akademickiego.

Charakterystyka chatbota wykorzystywanego w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie

Chatbot Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie nie posiada sugerowanych tematów rozmów, a jedynie pole do wpisania własnego pytania. Dopiero po jego wpisaniu wyświetlana zostaje lista sugerowanych tematów nawiązująca do zadanego pytania. Po wybraniu odpowiedniej pozycji wyświetlana jest związana odpowiedź na zadane pytanie wraz z linkiem do podstrony zawierającej szersze informacje na dany temat. Sugerowane kategorie są poprawnie rozpoznawane i adekwatne do zapytania, zarówno w przypadku pytań sformułowanych w formie zwięzłego hasła („progi punktowe”), jak i pełnego zdania („ile trzeba mieć punktów, żeby dostać się na uczelnię?”, „kiedy rozpoczyna się rok akademicki?”). W przypadku pytań wykraczających poza tematykę rekrutacji („harmonogram sesji”) proponowane są możliwe tematy jedynie w zakresie związanym z rekrutacją (co w tym przypadku oznacza brak poprawnego rozpoznania pytania lub udzielenia informacji, iż wykracza ono poza zakres wiedzy chatbota).

W tabeli 1 zostały zestawione powyższe obserwacje. Znakiem „+” oznaczono zdolność chatbota do udzielenia odpowiedzi na zadane pytanie (niezależnie od tego, czy była to odpowiedź słowna czy sugestia wybrania kategorii o dobrze zidentyfikowanej tematyce), natomiast znakiem „-” oznaczono brak udzielenia informacji na zadane pytanie (niezależnie od formy – czy poprzez informację o niemożliwości udzielenia odpowiedzi, błędne rozpoznanie pytania czy błędne zasugerowanie kategorii do wyboru bez uwzględnienia właściwej).

Tabela 1. Udzielenie informacji na zadawane pytania przez analizowane chatboty

Pytanie / wpisane hasło tematyczne Uczelnia	Progi punktowe	Ile trzeba mieć punktów, żeby dostać się na uczelnię?	Harmonogram sesji	Kiedy zaczyna się rok akademicki?
Uniwersytet Śląski	+	–	–	–
Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie	+	+	–	+
Politechnika Białostocka	–	–	–	+
Politechnika Śląska	–	–	–	+
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie	+	+	+	+
Uniwersytet Pomorski w Słupsku	–	–	–	+
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie	+	+	–	+

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Chatboty stosowane przez publiczne uczelnie wyższe w Polsce różnią się pod względem stylu udzielanych odpowiedzi (od prób imitowania konwersacji z człowiekiem po ograniczenie się jedynie do wyświetlania syntetycznych informacji), zdolności do pogłębiania konwersacji (z jednej strony występowały chatboty zachęcające do pogłębiania konwersacji i rozwijania wątku, z drugiej – wyczerpujące dyskusję po udzieleniu pojedynczej odpowiedzi) oraz różnego rozumienia zadawanych pytań (od dobrego zrozumienia pytania i udzielenia na nie odpowiedzi, przez błędne zinterpretowanie pytania, po całkowity brak zrozumienia i niemożność udzielenia odpowiedzi). Największą potencjalną grupę odbiorców chatbotów stosowanych przez publiczne uczelnie w Polsce stanowili kandydaci na studia. Większość uczelni stosuje kategorie tematyczne (wyświetlane od razu po otwarciu chatbota), które są następnie doprecyzowywane kolejnymi hasłami do wyboru po otwarciu chata, jedna dopiero po zadaniu pytania przez użytkownika.

Wnioski

Postęp w zakresie sztucznej inteligencji umożliwił wykorzystywanie uczenia maszynowego oraz technologii przetwarzania języka naturalnego do rozwoju chatbotów, co stworzyło nowy obszar badań związanych z ich zastosowaniem

w edukacji [Følstad, Brandtzaeg, 2017, s. 38]. Dzięki nowoczesnym technologiom chatboty w niedalekiej przyszłości mogą stać się inteligentnymi asystentami dydaktycznymi [Smutny, Schreiberova, 2020]. Sztuczna inteligencja umożliwia zastosowanie chatbotów w wielu aspektach edukacji. Mają one potencjał, aby usprawnić i spersonalizować usługi wobec wszystkich interesariuszy uczelni [Okonkwo, Ade-Ibijola, 2021]. Zalet chatbotów w edukacji można upatrywać w ich możliwości do natychmiastowych odpowiedzi na pytania, wsparcia czy dostarczenia dodatkowych zasobów. Mogą również pełnić rolę wirtualnych asystentów w procesie nauczania poprzez zapewnienie wsparcia kadrze akademickiej [Labadze, Grigolia, Machaidze, 2023, s. 1]. Wykorzystanie chatbotów w kontekście edukacji stanowi jedną z metod dostarczania bardziej zindywidualizowanych doświadczeń edukacyjnych. Coraz bardziej popularne staje się wykorzystanie chatbotów w celu usprawnienia interakcji pomiędzy uczelnią a jej interesariuszami, zwłaszcza studentami, którzy w dużym stopniu korzystają na co dzień z mediów społecznościowych i internetowych komunikatorów [Cunningham-Nelson i in., 2019, s. 299-300]. Dynamiczny rozwój w obszarze sztucznej inteligencji i technologii rozpoznawania ludzkiej mowy przez komputery przyczynia się do ciągłego doskonalenia umiejętności, jakie posiadają chatboty. Dzięki zdolności przeszukiwania baz danych dla wirtualnych asystentów możliwe jest zaoferowanie spersonalizowanej obsługi rozmówców w czasie rzeczywistym. Co istotne, sztuczna inteligencja umożliwia organizacjom budowanie trwałych i pogłębionych relacji ze swoimi klientami dzięki możliwości zbierania istotnych informacji na temat klientów oraz zdolnościom do nawiązywania z nimi indywidualnych kontaktów mimo masowości skali [Kozłowska, Rodzik, 2018, s. 10]. Chatboty mogą stanowić wsparcie dla pracowników i dziekanatów (w głównej mierze w zakresie pomocy w udzielaniu informacji), usprawniać kontakt z kandydatami na studia i proces rekrutacyjny (poprzez odpowiedzi na pytania związane z rekrutacją i pomoc w przeprowadzeniu kandydata przez proces rekrutacyjny), a także wspierać studentów z zakresie dostarczania im istotnych dla nich informacji bez ograniczeń czasowych [www12].

Literatura

- Abu Shwar B., Atwell E. (2007), *Chatbots: Are they Really Useful?* „Journal for Language Technology and Computational Linguistics”, Vol. 22(1), s. 29-49.
- Adamopoulou E., Moussiades L. (2020), *An Overview of Chatbot Technology* [w:] I. Maglogiannis, L. Iliadis, E. Pimenidis (eds.), *Artificial Intelligence Applications and Innovations*, AIAI 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 584, Springer, Cham, s. 373-383.

- Antonowicz D., Gorlewski B. (2011), *Demograficzne Tsunami, Raport Instytutu Sokratesa na temat wpływu zmian demograficznych na szkolnictwo wyższe do 2020 roku*, Instytut Rozwoju Kapitału Intelktualnego im. Sokratesa, Warszawa.
- Babar Z., Lapouchnian A., Yu E. (2017), *Chatbot Design – Reasoning about Design Options Using i* and Process Architecture*, <https://www.cs.toronto.edu/~alexei/pub/istar2017.pdf> (dostęp: 10.06.2024).
- Barker S. (2017), *How Chatbots Help*, „MHD Supply Chain Solutions”, Vol. 47(3).
- Barcik R.A. (2006), *Zarządzanie jakością w szkolnictwie wyższym*, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko Biała.
- Berry L. (1983), *Relationship Marketing*, „Emerging Perspectives on Services Marketing”, Vol. 66(3), s. 33-47.
- Brandtzaeg P., Følstad A. (2017), *Why People Use Chatbots*, „Internet Science”, 10673, s. 377-392.
- Chen H., Liu X., Yin D. (2017), *A Survey on Dialogue Systems: Recent Advances and New Frontiers*, „ACM SIGKDD Explorations Newsletter”, Vol. 19(2), s. 25-35.
- Chłodnicki M. (2004), *Usługi profesjonalne, przez jakość do lojalności klientów*, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań.
- Colby K.M., Weber S., Hilf F.D. (1971), *Artificial Paranoia*, „Artificial Intelligence”, Vol. 2(1), s. 1-25.
- Cunningham-Nelson S., Boles W., Trouton L., Margerison E. (2019), *A Review of Chatbots in Education: Practical Steps Forward*, 30th Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2019): Educators Becoming Agents of Change: Innovate, Integrate, Motivate, s. 299-306.
- Dennen V., Darabi A., Smith L.J. (2007), *Instructor-Learner Interaction in Online Courses: The Relative Perceived Importance of Particular Instructor Actions on Performance and Satisfaction*, „Distance Education”, Vol. 28(1), s. 65-79.
- Dorosiewicz S. (2011), *Metodyka i badania jakości kształcenia w szkolnictwie wyższym w Polsce*, Oficyna Wydawnicza Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa.
- Drapińska A. (2008), *Marketing szkół wyższych – model budowania relacji ze studentami*, „Marketing i Rynek”, nr 12, s. 14-18.
- Drapińska A. (2011), *Zarządzanie relacjami na rynku usług edukacyjnych szkół wyższych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Fichnová K., Gołuchowski J., Paliszkievicz J., Walentukiewicz W., Zdanowicz-Cyganiak K. (2020), *Komunikacja cyfrowa współczesnych organizacji* [w:] B. Filipczyk, J. Gołuchowski (red.), *Cyfrowa komunikacja organizacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 15-54.
- Filipczyk B. (2018), *Perspektywy zastosowań chatbotów w organizacjach*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 368, s. 54-66.

- Følstad A., Brandtzaeg P. (2017), *Chatbots and the New World of HCI*, „Interactions”, Vol. 24(4), s. 38-42.
- Galant K. (2022), *Rola komunikacji cyfrowej w procesie*, „Debiuty Naukowe Studentów Wyższej Szkoły Bankowej”, nr 22, s. 123-138.
- Goban-Klas T. (2015), *Media i komunikowanie masowe: teorie i analizy prasy, radia, telewizji i Internetu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Gołuchowski J., Paliszkievicz J. (2020), *Zarządzanie komunikacją cyfrową organizacji* [w:] B. Filipczyk, J. Gołuchowski (red.), *Cyfrowa komunikacja organizacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 55-107.
- Grami A. (2016), *Introduction to Digital Communications*, Academic Press, London.
- Gruszecki T. (2002), *Współczesne teorie przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Heath R. (2013), *Uwieść podświadomość*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- Heller B., Procter M., Jewell L.M., Mah D., Cheung B. (2005), *Freudbot: An Investigation of Chatbot Technology in Distance Education*, https://www.researchgate.net/publication/242084006_Freudbot_An_Investigation_of_Chatbot_Technology_in_Distance_Education
- Instytut Analiz Rynku Pracy (2020), *Kompetencje cyfrowe i nauczanie zdalne w Unii Europejskiej*, Warszawa.
- Jabłońska M.R. (2018), *Człowiek w cyberprzestrzeni. Wprowadzenie do psychologii internetu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Jwala K., Sirisha G.N., Padma Raju G.F. (2019), *Developing a Chatbot using Machine Learning*, „International Journal of Recent Technology and Engineering”, Vol. 8(1), s. 89-92.
- Kobec D. (2023), *Ewolucja działań marketingowych w koncepcji „Marketing 1.0 – 5.0” przez pryzmat digitalizacji*, „International Science Journal of Management, Economics & Finance”, Vol. 2(2), s. 63-75.
- Komisja Europejska (2020), *Edukacja cyfrowa w szkołach w Europie: raport Eurydice*, Wydawnictwo FRSE, Warszawa.
- Kopcińska A. (2018), *Komunikacja interpersonalna w placówkach oświatowych*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie: Szkoła – Studia – Doskonalenie Zawodowe: Problemy, Propozycje”, t. XIX(8), s. 89-102.
- Koszembar-Wiklik M. (2015), *Media społecznościowe w zarządzaniu komunikacją uczelni ze studentami*, „Kultura – Media – Teologia”, nr 21, s. 9-22.
- Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I. (2021), *Marketing 5.0. Technology for Human*, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- Kozłowska A., Rodzik A. (2018), *Chatboty: perspektywy rozwoju technologii informatycznych w kontakcie z klientami*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie”, t. 45(1), s. 7-17.

- Krzak P. (2011), *Uczelnia i jej interesariusze – współtworzenie kompleksowej oferty edukacyjnej* [w:] G. Nowaczyk, D. Sobolewski (red.), *Marketing w szkole wyższej. Przemiany w orientacji marketingowej*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, Poznań.
- Krzyżak M. (2009), *Istota i potrzeba budowania wizerunku uczelni*, „Zeszyty Naukowe WSOWL”, nr 2, s. 119-126.
- Kubasik J. (2024), *Chatboty jako narzędzie współczesnej komunikacji marketingowej* [w:] A. Bajdak, Z. Spyra (red.), *Nowe media i technologie w komunikacji marketingowej – wybrane obszary aplikacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 133-141.
- Kucharska B. (2014), *Innowacje w handlu detalicznym w kreowaniu wartości dla klienta*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Labadze L., Grigolia M., Machaidze L. (2023), *Role of AI Chatbots in Education: Systematic Literature Review*, „International Journal of Educational Technology in Higher Education”, Vol. 20.
- Leja K. (2011), *Koncepcje zarządzania współczesnym uniwersytetem*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- McLuhan M. (2004), *Zrozumieć media. Przedłużenie człowieka*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- McQuail D. (2008), *Teoria komunikowania masowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Michalak S., Mruk-Tomczak D. (2018), *Komunikacja oferty edukacyjnej uczelni wyższej w świetle potrzeb kandydatów na studia*, „Handel Wewnętrzny”, t. I(4), s. 227-240.
- Mitrega M. (2005), *Marketing relacji. Teoria i praktyka*, CeDeWu, Warszawa.
- Molnár G., Zoltán S. (2018), *The Role of Chatbots in Formal Education*, IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, s. 197-201.
- Muniasamy A., Alasiry A. (2020), *Deep Learning: The Impact of Future eLearning*, „International Journal of Emerging Technologies in Learning”, Vol. 15(1), s. 188-199.
- Nuruzzaman M., Hussain O.K. (2018), *A Survey on Chatbot Implementation in Customer*, IEEE 15th International Conference on e-Business Engineering (ICEBE), s. 54-61.
- Okonkwo C.W., Ade-Ibijola A. (2020), *Python-Bot: A Chatbot for Teaching Python Programming*, „Engineering Letters”, Vol. 29(1), s. 25-34.
- Okonkwo C.W., Ade-Ibijola A. (2021), *Chatbots Applications in Education: A Systematic Review*, „Computers and Education: Artificial Intelligence”, Vol. 2(2).
- Olsztyńska A. (2002), *Komunikacja wewnętrzna w przedsiębiorstwie* [w:] H. Mruk (red.), *Komunikowanie się w biznesie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
- O'Neill O. (2024), *Komunikacja cyfrowa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Philips C. (2024), *Digital Communication and the Rise of Online Activism*, „Journal of Communication”, Vol. 5(3), s. 31-44.

- Pleban B. (2011), *Analiza i porównanie zastosowań chatbotów w e-biznesie*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, nr 23, s. 198-208.
- Plebańska M., Szyller A., Sieńczewska M. (2020), *Q edukacji cyfrowej*, Difin, Warszawa.
- Przywara B., Leonowicz-Bukała I. (2020), *Bądźmy w kontakcie. Współczesna cyfrowa komunikacja permanentna*, „Zeszyty Prasoznawcze”, t. 63(3), s. 9-32.
- Rahmawati A., Sujono F.K. (2021), *Digital Communication through Online Learning in Indonesia: Challenges and Opportunities*, „Journal ASPIKOM”, Vol. 6(1), s. 61-76.
- Rogała A. (2011), *Zarządzanie komunikacją wewnętrzną w przedsiębiorstwie handlowym*, „Zeszyty Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu”, nr 177, s. 224-233.
- Shevat A. (2019), *Zaprojektuj bota. Tworzenie interfejsów konwersacyjnych*, Helion, Gliwice.
- Smutny P., Schreiberova P. (2020), *Chatbots for Learning: A Review of Educational Chatbots for the Facebook Messenger*, „Computers & Educations”, Vol. 151(5).
- Stecyk A. (2016), *Doskonalenie jakości usług edukacyjnych w szkolnictwie wyższym. Podejście metodyczne*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Storbacka K. (1994), *The Nature of Customer Relationship Profitability*, Swedish School of Economics and Business Administration, Helsinki.
- Straube S., Szumniak-Samolej J. (2011), *CSR nowej generacji*, Harvard Business Review Polska, s. 1-4.
- Taranko T. (2015), *Komunikacja marketingowa. Istota, uwarunkowania, efekty*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.
- Turing A.M. (1950), *Computing Machinery and Intelligence*, „Mind”, Vol. LIX(236), s. 433-460.
- Wang K. (2024), *From ELIZA to ChatGPT: A Brief History of Chatbots and their Evolution*, „Applied and Computational Engineering”, Vol. 39(1), s. 57-62.
- Weizenbaum J. (1966), *ELIZA – A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine*, „Communications of the ACM”, Vol. 9(1), s. 36-45.
- Wiktor J.W. (2013), *Komunikacja marketingowa. Modele, struktury, formy przekazu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wolski P. (2019), *Ocena skutków implementacji inteligentnych chatbotów w aspekcie zarządzania zasobami ludzkimi*, „Marketing i Rynek”, t. XXVI(12), s. 63-67.
- Wu T., He S., Liu J., Sun S. (2023), *A Brief Overview of ChatGPT: The History, Status Quo and Potential Future Development*, „EEE/CAA Journal of Automatica Sinica”, Vol. 10(5), s. 1122-1136.
- Zemčík T. (2019), *A Brief History of Chatbots*, „DEStech Transactions on Computer Science and Engineering”, s. 14-18, https://www.researchgate.net/publication/336734161_A_Brief_History_of_Chatbots
- Zhou L., Gao J., Li D., Shum H.-Y. (2020), *The Design and Implementation of XiaoIce, an Empathetic Social Chatbot*, „Computational Linguistics”, Vol. 46(1), s. 53-93.

Witryny internetowe

- [www1] <https://wearesocial.com/us/blog/2019/07/global-social-media-users-pass-3-5-billion/> (dostęp: 27.05.2024).
- [www2] <https://www.oracle.com/pl/chatbots/what-is-a-chatbot/> (dostęp: 5.06.2024).
- [www3] <https://www.gov.pl/web/nauka/wykaz-uczeln-publicznych-nadzorowanych-przez-ministra-wlasciwego-ds-szkolnictwa-wyzszego-i-nauki-publiczne-uczelnie-akademiczne> (dostęp: 15.06.2024).
- [www4] <https://us.edu.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www5] <https://www.awf.edu.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www6] <https://pb.edu.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www7] <https://rekrutacja.polsl.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www8] <https://studiuj.uek.krakow.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www9] <https://rekrutacja.upsl.edu.pl/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www10] <https://www.sgh.waw.pl/kandydat> (dostęp: 15.06.2024).
- [www11] <https://action.bot.pl/case-studies/chatbot-dla-sektora-oswiaty/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www12] <https://www.sages.pl/chatboty/uczelnie> (dostęp: 15.06.2024).

AI-assisted creation and evaluation of academic IT projects

Introduction

Generative artificial intelligence (AI) is transforming the educational landscape, offering substantial time savings for both students and teachers. However, this convenience raises concerns about the effectiveness and reliability of AI-generated projects and their assessments. When students rely on AI to create educational projects, they may save time and even gain a competitive edge over their peers. Similarly, the teachers can streamline tasks such as grading and project evaluation with the help of generative AI. Nevertheless, AI-generated scores might lack objectivity and fail to address critical nuances or key issues in student work.

The evaluation of student essays and assignments has been explored in several previous studies. Gonzáles-Calatayud, Prendes-Espinosa, and Roig-Vila [2021] conducted a comprehensive review of research on AI-assisted assessment of student work. Stoica [2022] introduced an AI-driven grading system, focusing on student assignments, with approximately half of the participants were studying business and a quarter studied the field of computer science. Jukiewicz [2024] addressed the automated evaluation of programming assignments, contributing further to this growing area of research.

This chapter investigates the reliability of generative AI in IT projects focused on the configuration of network devices, specifically vendors Cisco Systems and MikroTik. The decision to narrow the scope of the topic stems from the author's professional interests and daily work. Additionally, this focus offers a unique opportunity to compare the generation of program code with the text-based configuration of network devices – an area that has not been extensively explored in existing research.

The aim of this chapter is to evaluate whether students can use generative AI to produce network device configurations that meet the minimum criteria

required to pass the course. Another objective is to assess the feasibility of using artificial intelligence to evaluate student projects and exams effectively.

Currently, the evaluation of student projects involving network device configurations is conducted by using the diff function to compare student submissions against a valid configuration. This process lends itself well to automation using AI tools. To achieve the stated goal, this study will compare the differences between manual evaluations and AI-assisted evaluations of student projects.

The subsequent sections of this chapter include a *Literature Review*, which summarizes the current state of research in the field. The third section outlines the *Research Methods* and materials used in the study. The results of both types of assessments (Cisco and MikroTik) are presented in the *Analysis of Results* section. Finally, the chapter concludes with a *Discussion of Results* and a summary of the overall findings in the *Conclusions*.

3.1. Literature review

Generative AI is a rapidly growing field with numerous potential applications, including image processing, content analysis and generation, engineering, and data privacy and security. A systematic review by Priyanka et al. [2024] examined over 1300 research publications since 1985 to 2023, highlighting key challenges and opportunities, such as its impact on scholarly writing.

Wang [2023] summarized the current opportunities and challenges posed by generative AI in higher education. A significant concern, as highlighted by Okaiyeto, Bai, and Xiao [2023], is the potential for generative AI to facilitate academic dishonesty, particularly in exams, assignments, homework, and projects. To address this issue, Kelly, Sullivan, and Strampel [2023] recommend teaching students how to use generative AI responsibly, tailored to the requirements of their respective disciplines. Additionally, they suggest that exam tasks should be redesigned to align with the evolving capabilities of generative AI. Students' perspectives on generative AI were examined by Yilmaz and Yilmaz [2023], Chan and Hu [2023], and Amoozadeh et al. [2024]. These studies consistently found that students exhibit varying levels of confidence in generative AI tools and have diverse motivations for using them. A significant proportion of students agreed that generative AI helps them stay updated with current trends and can save time on routine tasks.

This positive of generative AI can enhance the educational process, but it's important to consider the darker side as well. There's a risk that students might misuse AI tools for cheating. For example, creating an essay with generative AI is straightforward and could undermine the effectiveness of the educational

process [Yeralan, Lee, 2023]. Perkins et al. [2024] proposed a framework for integrating AI into educational evaluation, which encourages teachers to clearly define the permissible use of generative AI in assignments, while also requiring students to highlight sections created by AI.

Becker et al. [2023] examined the advantages and challenges of generative AI in the education of programming languages. It is particularly useful for creating practice tasks and generating general parts of programs, such as graphical user interfaces (GUIs), which can make projects more complex. Yan, Nakajima, and Sawada [2024] tested the collaboration between generative AI and students in a programming course, finding that controlled collaboration with AI supports independent learning.

For the teachers, generative AI serves not only as a valuable tool for generating tasks, but also assists with exam evaluation. Awidi [2024] proposes a process where student essay scripts are graded using ChatGPT, utilizing archived exam data, including teacher reflections. The generative AI showed greater consistency and objectivity compared to expert tutors but did not always provide a perfect score, particularly when the prompts were poorly formulated.

There are only a limited number of works focusing on the configuration of network devices like routers and switches using generative AI. These devices predominantly use Cisco-like configuration, Linux-based configuration, and some specific types of configurations (such as Juniper and MikroTik), all of which are encoded using text commands. Bogdanov's master's thesis [2024] explores the efficiency, accuracy, and error in generating network device configurations, finding that current models are not yet reliable for this task.

3.2. Research method

The first research question investigates whether generative AI can create a network device configuration that meets the criteria for a school exam or a home project. The output from generative AI work will be evaluated in the same way as any other student's work. Additionally, two types of instructions will be tested: one with instructions only in text form and the other with an image topology accompanied by some text instructions (similar to those given to students).

The second research question aims to assess the feasibility and accuracy of using generative AI to evaluate student projects and exams. The teacher's assessment of the student's work will be compared with the score generated by AI. The feedback from generative AI will also be compared with the issues identified by the teacher to determine how many false positives and false negatives are produced by the AI.

3.2.1. Materials

Currently, there are several advanced and publicly available chatbots that utilize generative AI with large language models. The first publicly available was ChatGPT, now available in versions GPT-3.5, GPT-4, and GPT-4o [OpenAI, 2024]. Other notable chatbots based on large language models include Copilot, Gemini, and LLaMA; however, ChatGPT remains the most widely used today [FirstPageSage, 2024]. For all tasks, the ChatGPT in the GPT-4o version was used across multiple free accounts due to time limitations with the newest version.

For all the following experiments, projects and exams from bachelor-level courses taught in the second and fourth semesters were used. Both courses cover topics such as computer networks and network device configuration, and the acquired knowledge prepares students for professional certifications. A limitation of the selected courses is that there are only a few students (around 20), which means the results may not be generalizable. Future studies should aim to address this limitation.

One of the courses taught in the second semester is called *Computer Networks Protocols* and covers the fundamental principles of communication in local networks. Cisco Systems devices are used in this course, but for home projects, the Cisco Packet Tracer simulator is employed. Three projects were selected from this course, and all homework submitted by 14–17 students was assessed.

The second course is titled *MikroTik Network Device Management* and focuses on more complex tasks involving configuration of local networks using MikroTik network devices. Three mid-term exams were selected, and the results from 22 students were used. During the exams, students worked in the classroom with limited time and unrestricted internet access, but they were not allowed to use AI in any form.

3.2.2. Methods

The original instructions given to students were in Czech and included an image with a network diagram. These instructions were translated into English, modified to include topology and address information from the network diagram, and some instructions (such as PC configuration) were omitted. The correct configuration for all devices and tasks were prepared by the course teacher.

For the first research question – assessing whether generative AI can create projects instead of students – a short prompt was prepared that included an explanation of the request and exact tasks for each device. The other variant of the task included instructions similar to what students receive: a network diagram

and a task description. The second research question – evaluating whether generative AI can replace teachers in project assessment – required a prompt that included task instructions, exact tasks (matching those given in the first question), and the correct solution provided by the teacher.

Generative AI can learn from previous inputs so to achieve the best results for the first research question, the prompting start with the projects evaluation. For each project, a prepared prompt was inserted into ChatGPT followed by student's output. The students' works were processed one by one, because during initial tests with batch input, ChatGPT produced inconsistent scores, used various scales, and occasionally missed some student works.

The creation of the project using generative AI was done by using prepared prompts, and then it was evaluated by the teacher in the same manner as a student's work would be. The compatibility of the commands with the network device was also tested.

3.3. Analysis of results

The following sections will present the results for Cisco device configuration, followed by the MikroTik device configuration. This approach is taken due to the distinct characteristics of the results for each device.

3.3.1. Projects based on Cisco devices

The three projects based on Cisco devices included the first and simplest tasks configured using CLI in Cisco IOS. The course is based on the first part of the CCNA certification, based on the official study guide written by Odom [2024]. The first project involved basic configuration of a router and switch, including IP addresses, security settings, and remote access. In the second project, four routers were required to be configured with static routing for IPv4 and IPv6 between all networks. The third project was simpler than the second and focused on configuring the DHCP server and the basic IPv4 and IPv6 addresses on the router.

Creation of project by AI

Generative AI solved all three Cisco projects from text instructions without problem, although it sometimes included more complex configuration than was expected from students. All commands were functional on real devices, and the

teacher would have given a 100% score to the AI. In contrast, students often struggle with understanding topology diagrams and making mistakes with the correct address's configurations. For the second prompt, which included instruction similar to ones, that the students receive (an image with topology and instructions), generative AI also performed perfectly and provided 100% correct solutions.

Evaluation of student projects

Most student projects were nearly flawless, largely due to the availability of unlimited time, access to all materials, and prior instruction on necessary commands. However, some mistakes – mainly small – occurred, particularly with the second project involving static routing, which proved more challenging for some students.

ChatGPT evaluated all projects based on the submitted prompt, and the results were combined with the relevant data from the teacher's evaluation. The names of the students were anonymized using letters, and not all students submitted the second and third projects. The similarity between the AI score and the teacher's assessment is represented in Fig. 1 through graphs.

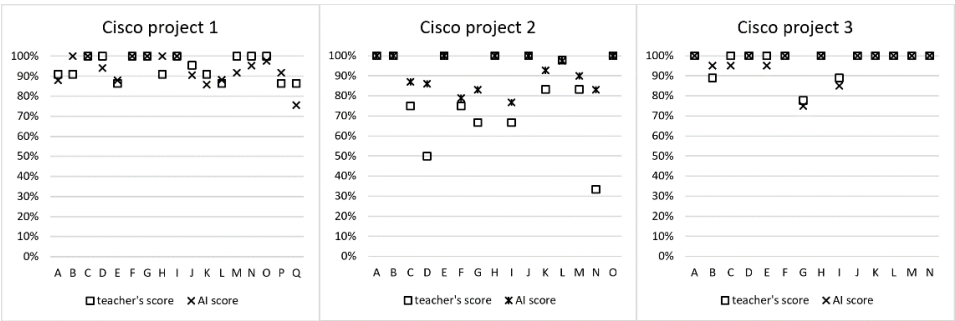


Fig. 1. A comparison between the teacher's and ChatGPT's evaluation of three school projects made by students are presented. The student names have been anonymized using letters A–Q instead of real names

The AI score matches the teacher's mainly for correct works, as the configurations are almost identical and easy to compare. ChatGPT correctly identified most issues, but the scoring method sometimes differed from the teachers. In some cases, ChatGPT found mistakes that the teacher would not lower the score for – mainly because they were not required or were not real faults. In two cases, ChatGPT identified mistakes that the teacher missed during his evaluation, which were corrected for the results.

Overall, the ChatGPT's evaluation is mostly reliable, with less than 20% differing by more than 10% from the teacher's score. However, at the university level, a ten percent point difference in score impacts the final grade. For at least 20% of students, the AI score could be deemed unfair, even if it results in higher grades than ones given by the teacher.

3.3.2. Projects based on MikroTik devices

The course with MikroTik devices ends with MTCNA (MikroTik Certified Network Associate) certification [Hart, 2017]. The course topics and configuration complexity have a higher level than the Cisco course (which is also a prerequisite for this one). The first exam included the configuration of two devices, one acting as the DHCP server, the other as the DHCP relay, with basic device security required. The second exam tested VLAN configuration, dynamic routing (OSPF), and firewall settings. The last exam required basic routing settings, VPN tunnels, and QoS queues. All exams took place in a classroom with the teacher present, but students had access to all materials, including the internet. Communication with other students and the use of generative AI were prohibited.

Solving exam by AI

ChatGPT solved the tasks of the first exam with some issues: it missed the DHCP relay address, and the group skin settings were missing; the user group privileges and settings for discovery protocols were also wrong. When the task was given with an image and less descriptive tasks, the results were similar, but there were additional problems with IP addresses and routing. The score for the AI exam was 80%, and 65%, respectively, both were still higher than the average of the students (60%).

The second exam made by AI had significant problems with VLAN configuration and OSPF configuration, both of which were mostly missing. When the task was presented with an image topology and less descriptive tasks, the results were slightly better – the OSPF configuration was improved, but now it missed one IP address. The average score of the students for this project was 59%, while ChatGPT scored 72% and 75%, respectively.

For the third exam, ChatGPT generated some commands with incorrect syntax that could not be used on MikroTik RouterOS (both versions 6.4x and 7.x). As a result, the configuration of IPsec tunnels and some QoS queues were not applicable. Both AI results scored 75%, while the average score of the students was 60%.

In comparison with the project results from the previous section, more complex configurations were used, and MikroTik RouterOS is less common than Cisco IOS. While ChatGPT was not perfect with its generated solutions, it was still better than most students in the exam class. However, in all cases, there was at least one student who outperformed ChatGPT.

Evaluation of student exams

The students’ exams created with MikroTik RouterOS were generally worse than those with Cisco, likely due to more complex tasks and limited time. With the objective scale used by the teacher for evaluation, no student scored 100% on any exam. ChatGPT evaluated the exams in the same manner as in the previous section to get the most objective score.

The teacher’s score, combined with ChatGPT’s score for individual exam works, is displayed in three graphs (Fig. 2), with anonymized students on the horizontal axis. Compared to the Cisco evaluation, the scores differ significantly, and there are only a few cases where they match or are very close. In only 14% of cases the AI score fell within $\pm 10\%$ of the teacher’s score, this was approximately 80% of cases.

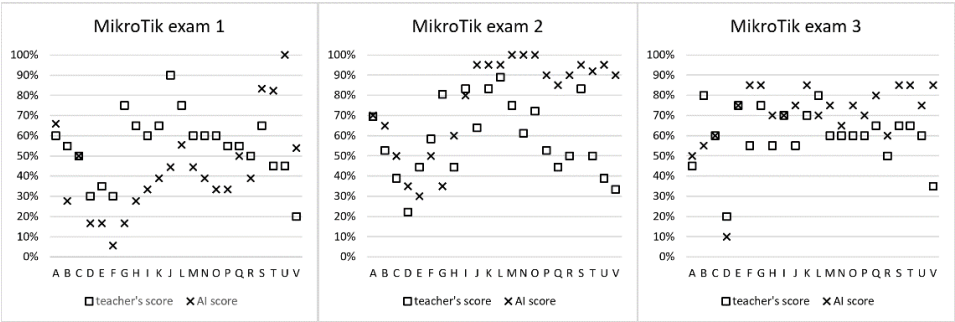


Fig. 2. A comparison between the teacher and the ChatGPT evaluation of the school exams for three different exams are presented. Letters (A–V) are used instead of the real names of the students

For the first project, the ChatGPT provides worse score in 77% cases to the teacher’s evaluation and identifies false positive mistakes – on average, one per student. Additionally, it missed about four errors on average (false negative). The significant difference in the score might be due to ChatGPT applying different weights to each task.

For the second exam, ChatGPT scored better than the teacher in 82% of cases. There were approximately one false positive mistake and five false nega-

tives on average. The difference in scores was mainly due to ChatGPT independently designing the scoring, sometimes using different scales and methods across all works from one exam. In such cases, the chat was dismissed and restarted to ensure consistent evaluation.

The results for the third exam were similar to the second one – ChatGPT scored better in 72% of cases. There were one false positive and five false negatives on average. The main issue here was with the evaluation of VPN tunnels and QoS queues, where AI had difficulty generating the correct configuration. However, for one specific requirement – using strong passwords – ChatGPT was 100% accurate in detecting weak passwords.

For the MikroTik RouterOS configuration, so far ChatGPT is not reliable, which might be due to its lower market share compared to Cisco. Additionally, there are many articles, tutorials, and forums dedicated to Cisco configuration, but for MikroTik, there are only few. The complexity of tasks could also be a factor, as DHCP relays, VLANs, dynamic routing, VPN tunnels, and QoS queues are not part of the basic device settings.

3.4. Discussion of results

Answering the two research questions from this chapter raises even more questions. If it is possible to create a project or exam using generative AI instead of the student, how should teacher behave? One approach could be to forbid its use, but would it not be more beneficial to allow students to leverage state-of-the-art technology? Many researchers agree [Yeralan, Lee, 2023; Wang, 2023; Perkins et al., 2024] that the nature and format of essays, projects, and exams will need to evolve and adapt to the presence of generative AI. For example, tasks might become more complex and require students to seek AI assistance, especially for routine and straightforward tasks.

The problem posed in the second research question could not be fully addressed by the current state of generative AI. This is mainly because AI's evaluation of projects would not be fair or precise. Evaluation and feedback on student work should facilitate learning, but they are generated automatically, they could contain significant issues and may not be trusted by students. Additionally, ethical and legal questions emerge in this context, and this area remains unsettled today.

This study represents one of the first research attempts to create network device configurations using generative AI. Furthermore, the evaluation of student projects and exams is also an underexplored area. There are numerous po-

tential avenues for future work. One focus could be on better controlling ChatGPT output, particularly by designing effective prompting strategies. Automating prompting tasks would be advantageous for testing large datasets of student work. Additionally, comparing it with other current chatbot-based generative AI models for such tasks have not yet been explored. Finally, the research could be expanded to include more network device vendors, communication protocols, and complex topologies.

Conclusions

This chapter explores the application of generative AI for creating and evaluating IT projects focused on network device configuration, specifically Cisco and MikroTik devices. It assesses whether students can generate network configurations using AI to meet course requirements and evaluates the accuracy of AI in grading student projects and exams. The findings indicate that while AI can produce viable network configurations and assist in evaluations, discrepancies in grading accuracy and task complexity underscore the importance of teacher oversight.

The possibility of creating university projects or exams by generative AI is real and, in many cases, can provide solutions that are better than the average students. The accuracy of ChatGPT's output decreases with increasing tasks complexity and the commonness of the platform used (e.g., MikroTik RouterOS). However, the GPT-4o version does not struggle with interpreting network diagrams in images and can easily create a configuration based on it. This addresses the first research question: generative AI is now capable of creating projects or exams that generally meet the teacher's criteria.

For projects and exams, evaluation with generative AI can be helpful, but teachers should not solely rely on it. Even for simple projects evaluated by GPT-4o, about 20% of students might receive a different grade (mostly better) than they deserved. The output from generative AI could be very detailed and can assist the teacher with the evaluation process, such as speeding up the study of projects and exams. However, the final score should be determined by the teacher to ensure objectivity.

This research contributes to understanding the potential and limitations of generative AI in educational settings, emphasizing the need for a balanced integration of AI tools to enhance learning and exam processes. The study's limitations include a small sample size (about 20 students in both courses) and a narrow scope of projects, which were limited to protocols and configurations taught

in courses and did not cover all possible configuration scenarios or network device platforms.

Future work should address these drawbacks by expanding the sample size of evaluated students' works and testing configurations across different functionalities and network device platforms. Additionally, comparing the performance differences between various AI generative models and their versions could help exclude issues specific to a particular AI model.

Literature

- Amoozadeh M., Daniels D., Nam D., Kumar A., Chen S., Hilton M., Ragavan S.S., Alipour M.A. (2024), *Trust in Generative AI among Students: An Exploratory Study* [in:] Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2024), Association for Computing Machinery, p. 67-73.
- Awidi I.T. (2024), *Comparing Expert Tutor Evaluation of Reflective Essays with Marking by Generative Artificial Intelligence (AI) Tool*, „Computers and Education: Artificial Intelligence”, Vol. 6, 100226.
- Becker B.A., Craig M., Denny P., Keuning H., Kiesler N., Leinonen J., Luxton-Reilly A., Malmi L., Prather J., Quille K. (2023), *Generative AI in Introductory Programming* [in:] Computer Science Curricula 2023, Curricular Practices Volume. ACM, 25 pages.
- Bogdanov M. (2024), *Leveraging Advanced Large Language Models to Optimize Network Device Configuration*, Purdue University Graduate School, Thesis.
- Chan C.K.Y., Hu W. (2023), *Students' Voices on Generative AI: Perceptions, Benefits, and Challenges in Higher Education*, „International Journal of Educational Technology in Higher Education”, Vol. 20(1).
- FirstPageSage (2024), *Top Generative AI Chatbots by Market Share – July 2024*, <https://firstpagesage.com/reports/top-generative-ai-chatbots/> (accessed: 9.07.2024).
- González-Calatayud V., Prendes-Espinosa P., Roig-Vila R. (2021), *Artificial Intelligence for Student Assessment: A Systematic Review*, „Applied Sciences”, Vol. 11(12), 5467.
- Hart T. (2017), *Networking with Mikrotik: MTCNA Study Guide*, Lithuania, Manito networks.
- Jukiewicz M. (2024), *The Future of Grading Programming Assignments in Education: The Role of ChatGPT in Automating the Assessment and Feedback Process*, „Thinking Skills and Creativity”, Vol. 52, 101522.
- Kelly A., Sullivan M., Strampel K. (2023), *Generative Artificial Intelligence: University Student Awareness, Experience, and Confidence in Use Across Disciplines*, „Journal of University Teaching & Learning Practice”, Vol. 20(6), 12.
- Odom W. (2024), *CCNA 200-301 Official Cert Guide*, Volume 1, Cisco Press, 2nd edition.

- Okaiyeto S.A., Bai J.W., Xiao H.W. (2023), *Generative AI in Education: To Embrace It or Not?* „International Journal of Agricultural and Biological Engineering”, Vol. 16(3), p. 285-286.
- OpenAI (2024), *Introducing ChatGPT*, <https://openai.com/index/chatgpt/> (accessed: 9.07. 2024).
- Perkins M., Furze L., Roe J., MacVaugh J. (2024), *The Artificial Intelligence Exam Scale (AIAS): A Framework for Ethical Integration of Generative AI in Educational Exam*, „Journal of University Teaching and Learning Practice”, Vol. 21(6).
- Priyanka G., Bosheng D., Chong G., Ding D. (2024), *Generative AI: A Systematic Review Using Topic Modelling Techniques*, „Data and Information Management”, Vol. 8(2), 100066.
- Stoica E. (2022) *A Student's Take on Challenges of AI-driven Grading in Higher Education*, University of Twente.
- Yan W., Nakajima T., Sawada R. (2024), *Benefits and Challenges of Collaboration between Students and Conversational Generative Artificial Intelligence in Programming Learning: An Empirical Case Study*, „Education Sciences”, Vol. 14(4), 433.
- Yeralan S., Lee L.A. (2023), *Generative AI: Challenges to Higher Education*, „Sustainable Engineering and Innovation”, Vol. 5(2), p. 107-116.
- Yilmaz R., Yilmaz F.G.K. (2023), *The Effect of Generative Artificial Intelligence (AI)-based Tool Use on Students' Computational Thinking Skills, Programming Self-efficacy and Motivation*, „Computers and Education: Artificial Intelligence”, Vol. 4, 100147.
- Wang T. (2023), *Navigating Generative AI (ChatGPT) in Higher Education: Opportunities and Challenges* [in:] *Smart Learning Solutions for Sustainable Societies*, ICSLE 2023, Lecture Notes in Educational Technology, Springer, Singapore.

Eksploracja metod uczenia maszynowego do weryfikacji adresów celem usprawnienia procesu zarządzania danymi organizacji

Wprowadzenie

W zarządzaniu informacją i wiedzą podkreśla się znaczenie danych, informacji i wiedzy jako cennych zasobów (lub aktywów) posiadanych przez osoby lub grupy w organizacjach. Ponadto jest to ściśle związane z rozwojem technologii informacyjnych i komunikacyjnych oraz ich rosnącym wpływem na zdolność do przetwarzania, gromadzenia i przesyłania danych, informacji i ludzkiej wiedzy [Haag, Cummings, Dawkins, 1999]. Zarządzanie informacją i wiedzą jest procesem o szerokim wpływie na różne aspekty funkcjonowania organizacji, obejmującym także osoby odpowiedzialne za zapewnienie jakości, dostępności i użyteczności pozyskanych informacji. Dotyczy to zarówno tych, którzy odpowiadają za bezpieczne przechowywanie i usuwanie danych, jak i osób, zaangażowanych w procesy decyzyjne.

Problemy związane z jakością, dostępnością i użytecznością danych mogą być szczególnym wyzwaniem dla organizacji, np. jakość adresów pocztowych jest częstym problemem, przed którym stają organizacje podczas migracji lub integracji danych [Gudivada, Apon, Ding, 2017; Chirkova, Doyle, Reutter, 2021]. Wynika to z faktu, że każdy kraj ma nieco inny system adresów pocztowych, a tym samym „źródło prawdy” danych adresowych. Co więcej, problem ten dotyczy znacznych ilości danych. W Stanach Zjednoczonych istnieje około 160 mln punktów doręczeń [Unangst, McMichael, 2015], 30 mln w Wielkiej Brytanii [Józefowicz, Stone, Aravopoulou, 2020] i 16 mln w Polsce [Wojsyk, Wojsyk, 2023], co obejmuje zarówno adresy zamieszkania, jak i adresy biznesowe, które stale się zmieniają.

Niespójna populacja pól adresów pocztowych w systemach informacji organizacyjnej jest często wynikiem błędów, takich jak nieprawidłowe wprowadza-

nie danych lub niespójne skróty. Częściowo ustrukturyzowany charakter danych adresowych dodatkowo komplikuje proces mapowania źródła do celu, zwłaszcza w przypadku dużych zbiorów danych o różnej jakości [Mercier i in., 2009].

Dlatego w niniejszym rozdziale autorzy badają wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego (*machine learning*, ML) w celu sprostania tym wyzwaniom i usprawnienia procesów zarządzania danymi organizacyjnymi. Przepływ pracy ML składa się z ustalonych iteracyjnie etapów, w tym gromadzenia danych, wstępnego przetwarzania i transformacji, a następnie fazy modelowania, której kulminacją jest wdrożenie modelu uczenia maszynowego w środowisku produkcyjnym. Faza wstępnego przetwarzania i transformacji danych jest uważana za najtrudniejszą część całego procesu, ponieważ zajmuje do 60-80% całkowitego czasu i dostępnych zasobów [Ahuja i in., 2016; Frye, Mohren, Schmitt, 2021]. Etap ten obejmuje typowe zadania, takie jak czyszczenie danych, interpretacja, wyodrębnianie i formatowanie w celu dalszej analizy lub modelowania.

W przypadku danych o niskiej jakości, częściowo ustrukturyzowanych lub wprowadzonych w sposób dowolny, takich jak adresy ulic, brak spójnych standardów lub niezgodności standardów pomiędzy różnymi krajami często skutkują różnorodnymi formatami pól zawierających te same informacje. To z kolei komplikuje etapy wstępnego przetwarzania i transformacji danych. Żmudny oraz podatny na błędy charakter typowego procesu pozyskiwania danych znacząco spowalnia organizację i obniża efektywność ich procesów uczenia maszynowego [Ahuja i in., 2016].

Sytuacja ta wymaga wprowadzenia zmian organizacyjnych oraz bardziej efektywnych metod walidacji adresów. Obecnie stosowane metody walidacji są często subiektywne, niespójne pomiędzy różnymi organizacjami i kosztowne dla firm dążących do poprawy jakości danych w systemach zarządzania relacjami z klientami (CRM), planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP) lub zarządzania zasobami ludzkimi (HRM).

W celu poprawy efektywności organizacyjnej można zastosować różnorodne podejścia do zarządzania informacją w przedsiębiorstwie [Czekaj, 2000]. Jednym z nich jest wprowadzenie organizacyjnego zarządzania danymi, które obejmuje tworzenie potoków walidacji danych na poziomie organizacji [Janssen i in., 2020]. Kolejnym istotnym elementem jest opracowanie korporacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji, odpowiedzialnego za przydzielanie praw dostępu do przechowywanych danych oraz ograniczanie ich wyłącznie do osób posiadających odpowiednie uprawnienia [Rydz, Krakowiak, Bajor, 2013].

W tym rozdziale autorzy badają, jak zautomatyzować walidację adresów za pomocą metod uczenia maszynowego. Istniejące metody walidacji danych orga-

nizacyjnych często opierają się na logice dopasowywania opartej na regułach, napędzanej „interaktywnymi procesami manualnymi”, które mogą być czasochłonne i niepraktyczne w przypadku zastosowania ich w projektach operujących na dużych zbiorach danych [Cortes, Silveira, Junger, 2021]. Takie reguły zazwyczaj obejmują parsowanie adresów na ich elementy składowe (takie jak nazwa ulicy, miasto, kod pocztowy itp.), stosowanie wzorców w celu dopasowania ich do znanego zestawu adresów i określanie ich dopasowania na podstawie tego, jak dobrze spełniają one określone reguły. Jednakże niewiele badań koncentruje się na wykorzystaniu metod uczenia maszynowego w procesach dopasowywania, przetwarzania i walidacji adresów, zwłaszcza w kontekście zarządzania informacją i wiedzą.

Ahuja i in. [2016] w swoim badaniu dążyli do stworzenia algorytmu identyfikującego kolumny adresowe, a także wykrywającego ich cechy przestrzenne w celu automatycznego formatowania adresów na potrzeby spersonalizowanej usługi ostrzegania o pogodzie w USA. Inne badania koncentrowały się głównie na rozpoznawaniu odręcznych adresów pocztowych [Su, Wang, 2000; Velu, Vivekanandan, 2010; Abid, ul Hasan, Shafait, 2018]. Brakuje jednak badań koncentrujących się na aspekcie walidacji adresów pocztowych w kontekście cyfryzacji, z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego w celu poprawy wydajności organizacyjnej.

Podsumowując, ponieważ dane adresów pocztowych i ulicznych wykazują częściowo ustrukturyzowane właściwości, proces mapowania źródła do celu może stanowić wyzwanie, zwłaszcza podczas przetwarzania i/lub utrzymywania dużych zbiorów danych o różnej jakości. W niniejszym rozdziale przeanalizowano proces zautomatyzowanej walidacji adresów, wykorzystując dziesięć algorytmów uczenia maszynowego w połączeniu z zaawansowanymi metodami generowania oraz redukcji cech.

4.1. Materiały i metody

4.1.1. Zbiór danych

Zbiór danych wykorzystany do uczenia maszynowego został przygotowany przy użyciu danych z bazy PAF, pobranej z Royal Mail 6 listopada 2023 roku. PAF to baza danych zawierająca wszystkie znane (prawidłowe) adresy w Wielkiej Brytanii, często określane jako brytyjskie „punkty dostawy” [Józefowicz i in., 2020]. Oprócz PAF, zbiór danych zawiera taką samą liczbę nieprawidłowych adresów wygenerowanych przy użyciu biblioteki programistycznej Faker języka Python [Campesato, 2023]. Więcej szczegółów na temat zbioru danych można znaleźć w tabeli 1.

Tabela 1. Zestaw danych wykorzystany do uczenia maszynowego

Kategoria	Ilość	Źródło
Poprawny	572 128	Postcode Address File
Niepoprawny	572 128	Python Faker Library

Źródło: Opracowanie własne.

4.1.2. Uczenie maszynowe

W badaniu wykorzystano dziesięć algorytmów uczenia maszynowego do walidacji brytyjskich adresów pocztowych, opierając się na referencyjnym zbiorze danych z bazy PAF. Modelowanie i inżynieria cech zostały ułatwione dzięki wykorzystaniu ich istniejącej implementacji w bibliotekach Scikit-learn [Hao, Ho, 2019] i LightGBM [Ke i in., 2017] języka programowania Python. Podsumowanie algorytmów wykorzystywanych w uczeniu maszynowym oraz informację o przeprowadzonym procesie tworzenia czy wybierania zmiennych zastosowanym w naszym procesie przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Podsumowanie (1) algorytmów uczenia maszynowego i (2) metod inżynierii cech zastosowanych do weryfikacji poprawności adresów

Algorytmy	Tworzenie i wybór zmiennych
• Maszyna wektorów nośnych (<i>Support Vector Machine</i>) • Drzewa decyzyjne wzmacnianie gradientowo (<i>Gradient Boosted Trees</i>) • Ekstremalnie randomizowane drzewa decyzyjne (<i>Extremely Randomized Trees</i>) • Klasyfikator XGBoost • Drzewa decyzyjne (<i>Decision Trees</i>) • Losowy las (<i>Random Forest</i>) • Sieć neuronowa (<i>Perceptron</i>) • Klasyfikator LightGBM • Klasyfikator SGD • Regresja logistyczna	Wybór cech (trzy główne cechy): • Budynek, • Ulica, • Kod pocztowy. Generowanie funkcji: • Zdefiniowane wyraźne interakcje parami między ulicą a kodem pocztowym. Redukcja cech: • Analiza głównych składowych (<i>Principal Component Analysis</i>) zastosowana do redukcji cech z maksymalnie 25 komponentami

Źródło: Opracowanie własne.

4.2. Rezultaty eksperymentów

Niniejszy rozdział ocenia dziesięć algorytmów uczenia maszynowego i przedstawia je wraz z ich dziewięcioma kluczowymi wskaźnikami oceny przedstawionymi na rys. 2. Mierzymy czas treningu danych, a także wszystkie kluczowe wskaźniki oceny dla problemu klasyfikacji [Hossin, Sulaiman, 2015]. Eksperymenty pokazują, że definiując interakcje parami między cechami reprezentującą-

cymi ulicę a kodem pocztowym oraz redukując cechy za pomocą analizy głównych składowych (PCA), algorytmy osiągnęły dokładność klasyfikacji w zakresie od 63% (jeden algorytm: regresja logistyczna) do 71% (dziewięć algorytmów: maszyna wektorów nośnych, klasyfikatory XGBoost, LightGBM i SGD, algorytmy drzew decyzyjnych, drzewa decyzyjne wzmacniane gradientowo, ekstremalnie randomizowane drzewa decyzyjne, losowy las, sieć neuronowa Perceptron), przy zastosowaniu 10-krotnej walidacji krzyżowej. Model oparty na maszynie wektorów nośnych wymagał treningu przez znacznie dłuższy czas (15 godzin) niż pozostałe algorytmy przedstawione w tym rozdziale; wszystkie one osiągnęły dokładność klasyfikacji na poziomie 71% i F1-Score na poziomie 76% w czasie treningu od 3m 42s (drzewa decyzyjne) do 8m 19s (drzewa decyzyjne wzmacnianie gradientowo). Wskazuje to na skuteczność proponowanego przez nas podejścia, opartego na wykorzystaniu tradycyjnych metod uczenia maszynowego, umożliwiając w przypadku realnej organizacji pełne, cotygodniowe ponowne wytrenowanie modelu na zaktualizowanym zbiorze danych adresowych.

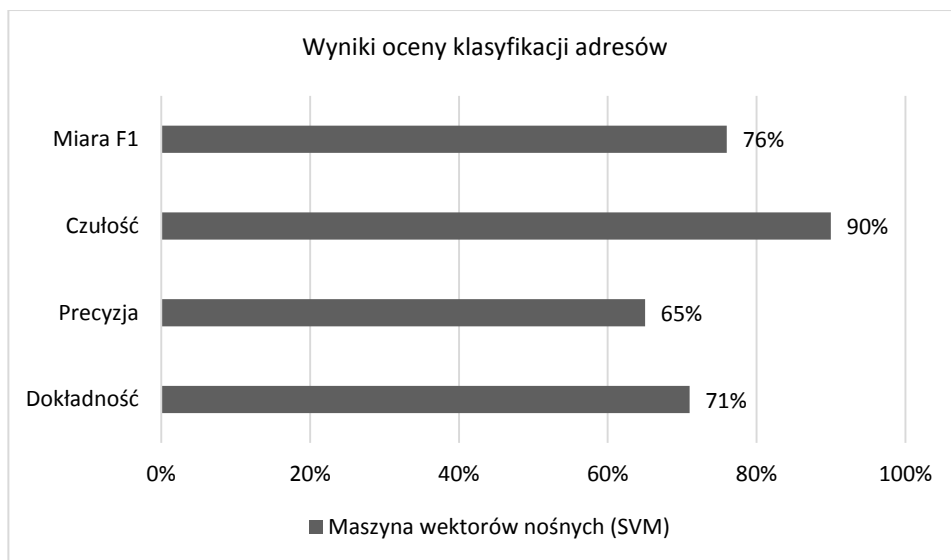
Tabela 3. Szczegółowe podsumowanie rezultatów dla zaproponowanego procesu klasyfikacji adresów

Nazwa	Czas treningu (g:m:s)	Dokładność	Precyzja	Czułość	Miara F1	Log Loss
Maszyna wektorów nośnych	14:59:07	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,54 +/-0,01
Drzewa decyzyjne wzmacnianie gradientowo	08:19	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,53 +/-0,01
Ekstremalnie randomizowane drzewa decyzyjne	04:53	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,54 +/-0,01
Klasyfikator XGBoost	04:44	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,53 +/-0,01
Drzewa decyzyjne	03:42	0,71 +/-0,01	0,66 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,53 +/-0,01
Losowy las	05:16	0,71 +/-0,01	0,66 +/-0,01	0,90 +/-0,01	0,76 +/-0,01	0,53 +/-0,01
Sieć neuronowa	06:32	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,01	0,91 +/-0,02	0,76 +/-0,01	0,54 +/-0,01
Klasyfikator LightGBM	04:26	0,71 +/-0,01	0,65 +/-0,02	0,90 +/-0,03	0,76 +/-0,01	0,59 +/-0,04
Klasyfikator SGD	03:57	0,71 +/-0,02	0,66 +/-0,03	0,91 +/-0,03	0,75 +/-0,05	0,60 +/-0,01
Regresja logistyczna	03:48	0,63 +/-0,01	0,58 +/-0,01	0,95 +/-0,01	0,72 +/-0,01	0,62 +/-0,001

Podsumowując, analiza uzyskanych rezultatów wskazuje na potencjał zastosowania tradycyjnych metod uczenia maszynowego, takich jak maszyny wektorów nośnych, algorytmy oparte na drzewach decyzyjnych, czy sieciach neuronowych do poprawy jakości danych adresowych w systemach informatycznych typu CRM, ERP czy HRM. Uzyskana wartość miary oceny klasyfikatora F1 na

poziomie 0,76 i dokładności klasyfikacji na poziomie 71% wskazują na wysoką skuteczność wspomnianych metod uczenia maszynowego do automatycznej walidacji adresów. Szczegółowe rezultaty dla wszystkich miar oceny i każdego z algorytmów zadania klasyfikacyjnego przedstawiono w tabeli 3.

Dalszą poprawę rezultatów można osiągnąć poprzez ponowne wytrenowanie modeli na większej ilości danych oraz włączenie do modeli dodatkowych cech, stosując znane metody inżynierii cech. Autorzy uważają, że zaproponowane podejście toruje drogę do usprawnienia walidacji adresów w procesach zarządzania danymi organizacji.



Rys. 1. Szczegółowe wskaźniki oceny jakości klasyfikacji dla wiodącego modelu maszyny wektorów nośnych. Wyniki są praktycznie identyczne dla pozostałych ośmiu badanych algorytmów tradycyjnego uczenia maszynowego (z wyjątkiem regresji logistycznej, osiągającej Miarę F1 na poziomie 72% i dokładność jedynie na poziomie 63%)

4.3. Dyskusja i kierunki dalszych badań

Najnowsze postępy technik uczenia maszynowego pozwalają na wykorzystanie bardziej wyrafinowanych i kosztownych obliczeniowo metod w procesie walidacji i dopasowywania adresów. Rzeczywiście podjęto liczne próby rozwiązania tych problemów, które wykorzystywałyby bardziej złożone głębokie sieci neuronowe w połączeniu z najnowszymi technikami przetwarzania języka naturalnego, takimi jak osadzanie słów lub architektury koder-dekoder.

Różni autorzy donoszą, że uzyskali wskaźniki precyzji i czułości w zakresie od 77% do 83%, co jest o 5-8% lepsze niż istniejące najnowocześniejsze metody dopasowywania adresów [Sharma i in., 2018; Comber, Arribas-Bel, 2019; Shan i in., 2019; Gupta i in., 2021]. Zgodnie z naszą wiedzą, walidacja adresów wydaje się mniej popularnym tematem. Zidentyfikowaliśmy tylko jedno badanie w tym obszarze, oparte na francuskim zbiorze danych adresowych, zawierającym 1 mln elementów. W badaniu tym odnotowano lepszy wynik F1 w zakresie od 92% do 94% dla maszyn wektorów nośnych, algorytmów drzew decyzyjnych, losowego lasu, klasyfikatora XGBoost oraz sieci neuronowej Perceptron, ale wyniki te uzyskano poprzez zastosowanie dodatkowego, złożonego systemu przetwarzania wstępnego, opartego na dwóch metodach osadzania słów: Word2vec i fastText [Guermazi, Sellami, Boucelma, 2020].

W przypadku rzeczonego badania kolejnymi krokami byłyby zatem zastosowanie podobnych podejść wykorzystujących metody osadzania słów poprzez zapisywanie ich w postaci wektorów i eksperymentowanie z coraz bardziej złożonymi klasyfikatorami opartymi na głębokim uczeniu. Interesujące byłoby też porównanie wydajności takich modeli z mniej kosztownym obliczeniowo i lepiej wyjaśnianym tradycyjnym podejściem do uczenia maszynowego. Naszym celem byłoby również stworzenie polskiego zbioru danych, ponowne wytrenowanie modeli i porównanie wyników z francuskim [Guermazi, Sellami, Boucelma, 2020] podejściem, a na koniec zbadanie, jak model wyszkolony dla jednego kraju radzi sobie z danymi z innych jurysdykcji.

Adresy pocztowe są zwykle formatowane inaczej w każdym kraju, co zależy od wykorzystywanego w danej społeczności języka i innych konwencji. Dlatego właśnie spodziewamy się, że model wytrenowany na zbiorze danych z jednego systemu pocztowego i/lub obszaru językowego niekoniecznie będzie działał tak samo dobrze na zbiorach danych adresowych z innych krajów. W chwili obecnej nie istnieje żadna metoda dopasowywania i walidacji adresów oparta na uczeniu maszynowym dla polskiego systemu adresów pocztowych. Jednak polski rynek przesyłek pocztowych rośnie w dwucyfrowym tempie [UKE, 2023] i aby utrzymać tak stabilne tempo wzrostu, z pewnością pożądane jest posiadanie funkcjonującego systemu dopasowywania i walidacji adresów, który mógłby być szeroko stosowany w całej gospodarce. Co więcej, inni autorzy podkreślają również potrzebę cyfryzacji polskich usług pocztowych [Drab-Kurowska, Budziewicz-Guźlecka, 2021], co stanowiłoby podstawę do wdrożenia zaproponowanej metody, opartej na uczeniu maszynowym we wszystkich organizacjach przetwarzających na co dzień duże ilości adresów klientów, dostawców czy pracowników.

Wnioski

Podsumowując, zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego do walidacji adresów stanowi obiecujące podejście do wyzwań związanych z jakością adresów w zarządzaniu danymi organizacyjnymi. Wykorzystując techniki uczenia maszynowego, organizacje mogą zwiększyć dokładność i wiarygodność danych adresowych, poprawiając tym samym wydajność i skuteczność różnych systemów i procesów.

W rozdziale zaproponowano obiecujące nowe zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego do wstępnej walidacji adresów pocztowych, opierając się na wzorcowym zbiorze brytyjskich danych adresowych (PAF). Algorytmy osiągnęły dokładność na poziomie 71% (10-krotna walidacja krzyżowa), uwzględniając zdefiniowanie interakcji parami między ulicą a kodem pocztowym i zredukowanie cech do 25 komponentów przy użyciu analizy głównych składowych.

Przyszłe badania mogą skupić się na zbadaniu dodatkowych algorytmów klasyfikacji i włączeniu do naszej metody zaawansowanych funkcji wektorowej reprezentacji atrybutów adresu.

Autorzy oczekują, że badania podjęte w tym rozdziale pomogą w ukierunkowaniu praktyków zarządzania, zwłaszcza menedżerów wyższego szczebla i wszystkich tych, którzy w swojej działalności zawodowej nieustannie poszukują w świecie nauki nowych pomysłów na rozwiązanie problemów zarządzania informacją. Przedstawiona metoda może być wykorzystana w projektach migracji lub integracji danych lub w celu poprawy jakości danych adresowych w systemach, takich jak CRM, ERP czy HRM.

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować Steve'owi Jenningsowi (dyrektorowi zarządzającemu) i Patrickowi Moore'owi (głównemu analitykowi danych) w firmie Technicus Ltd za dyskusje, które doprowadziły do opracowania opisywanej w tym rozdziale metody walidacji adresów pocztowych opartej na uczeniu maszynowym.

Literatura

- Abid N., ul Hasan A., Shafait F. (2018), *Deepparse: A Trainable Postal Address Parser*, Conference: 2018 Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA).
- Ahuja S., Roth M., Gangadharaiah R., Schwarz P., Bastidas R. (2016), *Using Machine Learning to Accelerate Data Wrangling*, 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW), IEEE.

- Campesato O. (2023), *Data Literacy with Python*, Stylus Publishing, LLC.
- Chirkova R., Doyle J., Reutter J.L. (2021), *Ensuring Data Readiness for Quality Requirements with Help from Procedure Reuse*, „Journal of Data and Information Quality”, Vol. 13(3).
- Comber S., Arribas-Bel D. (2019), *Machine Learning Innovations in Address Matching: A Practical Comparison of word2vec and CRFs*, „Transactions in GIS”, Vol. 23(2), s. 334-348.
- Cortes T.R., Silveira I.H. d., Junger W.L. (2021), *Improving Geocoding Matching Rates of Structured Addresses in Rio de Janeiro, Brazil*, „Cadernos de Saúde Pública”, Vol. 37(7).
- Czekaj J. (2000), *Metody zarządzania informacją w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków.
- Drab-Kurowska A., Budziewicz-Guźlecka A. (2021), *The Digital Post Ecosystem – Example of Poland in the Context of Research*, „Sustainability”, Vol. 13(5).
- Frye M., Mohren J., Schmitt R.H. (2021), *Benchmarking of Data Preprocessing Methods for Machine Learning-Applications in Production*, „Procedia CIRP”, Vol. 104, s. 50-55.
- Gudivada V.N., Apon A.W., Ding J. (2017), *Data Quality Considerations for Big Data and Machine Learning: Going Beyond Data Cleaning and Transformations*, „International Journal on Advances in Software”, Vol. 10(1-2).
- Guermazi Y., Sellami S., Boucelma O. (2020), *Address Validation in Transportation and Logistics: A Machine Learning Based Entity Matching Approach* [w:] ECML PKDD 2020 workshops, s. 320-334.
- Gupta V., Gupta M., Garg J., Garg N. (2021), *Improvement in Semantic Address Matching Using Natural Language Processing*, 2021 2nd International Conference for Emerging Technology (INCET), IEEE.
- Haag S., Cummings M., Dawkins J. (1999), *Management Information Systems for the Information Age*, McGraw-Hill Higher Education.
- Hao J., Ho T.K. (2019), *Machine Learning Made Easy: A Review of Scikit-learn Package in Python Programming Language*, „Journal of Educational and Behavioral Statistics”, Vol. 44(3), s. 348-361.
- Hossin M., Sulaiman M.N. (2015), *A Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations*, „International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process”, Vol. 5(2).
- Janssen M., Brous P., Estevez E., Barbosa L.S., Janowski T. (2020), *Data Governance: Organizing Data for Trustworthy Artificial Intelligence*, „Government Information Quarterly”, Vol. 37(3).
- Jozefowicz S., Stone M., Aravopoulou E. (2020), *Geospatial Data in the UK*, „The Bottom Line”, Vol. 33(1), s. 27-41.

- Ke G., Meng Q., Finley T., Wang T., Chen W., Ma W., Ye Q., Liu T.-Y. (2017), *LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree* [w:] I. Guyon, U. Von Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, R. Garnett (eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems* 30.
- Mercier D., Cron G., Denux T., Masson M.-H. (2009), *Decision Fusion for Postal Address Recognition Using Belief Functions*, „Expert Systems with Applications”, Vol. 36(3), s. 5643-5653.
- Rydz D., Krakowiak M., Bajor T. (2013), *Zapewnienie bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwach*, „Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa”, t. 1, s. 281-287.
- Shan S., Li Z., Qiang Y., Liu A., Xu J., Chen Z. (2019), *DeepAM: Deep Semantic Address Representation for Address Matching* [w:] J. Shao, M.L. Yiu, M. Toyoda, D. Zhang, W. Wang, B. Bui (eds.), *Web and Big Data*, Springer International Publishing, Cham, s. 45-60.
- Sharma S., Ratti R., Arora I., Solanki A., Bhatt G. (2018), *Automated Parsing of Geographical Addresses: A Multilayer Feedforward Neural Network Based Approach*, [w:] 2018 IEEE 12th International Conference on Semantic Computing (ICSC), Laguna Hills, s. 123-130.
- Su Y.-M., Wang, J.-F. (2000), *A New Multistage Classification Scheme for Recognition of Postal Road /Street Names*, „Journal of the Chinese Institute of Engineers”, Vol. 23(5), s. 653-664.
- UKE (2023), *Raport o stanie rynku pocztowego w 2022 r.*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, <https://www.uke.gov.pl/akt/raport-o-stanie-ryнку-pocztowego-w-2022-r-482.html> (dostęp: 13.02.2024).
- Unangst J., McMichael J. (2015), *Tracking and Evaluating Changes to address-based sampling frames over time* [w:] Proceedings of the 2015 Joint Statistical Meetings, Section on Survey Research Methods, American Statistical Association, s. 4310-4316.
- Velu C., Vivekanandan P. (2010), *Automatic Letter Sorting for Indian Postal Address Recognition System Based on Pin Codes*, „Journal of Internet and Information System”, Vol. 1(1), s. 6-15.
- Wojsyk K., Wojsyk J. (2023), *Use of Universal Address to Ensure High-Quality Data*, „GIS Odyssey Journal”, Vol. 3(1), s. 5-18.

Uwarunkowania zarządzania procesami w rozwoju organizacji

Wprowadzenie

Najważniejszym celem niniejszego rozdziału jest identyfikacja uwarunkowań zastosowania zarządzania procesami biznesowymi (Business Process Management – BPM) w organizacji w ocenie ekspertów. Uzupełniającym te badania celem jest porównanie ocen tego zjawiska wśród dwóch grup wyróżnionych z badanej populacji: kobiet i mężczyzn. Zastosowany podział wynikał z wcześniejszych badań [Chmielarz i in., 2023], w których m.in. stwierdzono zróżnicowanie w podejściu do kariery informatyka wśród kobiet i mężczyzn. Uznano, że takie zróżnicowanie może również wystąpić w wyrażanych opiniach na temat zarządzania i modelowania procesów biznesowych w rozwoju organizacji.

Dane uzyskano z badań przeprowadzonych w ostatnim kwartale 2023 roku na cyklicznych sympozjach poświęconych BPM wśród uczestników ze środowiska akademickiego i praktyki gospodarczej, którzy wyrazili na nie zgodę.

Zarządzanie procesami biznesowymi jest tu traktowane jako całościowe i systemowe podejście do strategii organizacji koncentrujące się na ciągłym usprawnianiu powiązanych ze sobą procesów organizacji oraz mające na celu zwiększenie efektywności, elastyczności i poprawy jakości funkcjonowania organizacji oraz zmniejszenia kosztów [www1; www2]. Technika wspomagającą zarządzanie procesami jest modelowanie procesów biznesowych [Misiak, 2024]. Zarządzanie procesami i jego narzędzia wykorzystywane są powszechnie w fazie przedprojektowej lub podczas projektowania czy też modyfikacji systemów informatycznych zarządzania [Chmielarz, 2015; Dumas i in., 2022].

W szerokim znaczeniu BPM to dział wiedzy i umiejętności skoncentrowany na optymalnym sposobie zdobycia celów biznesowych całej organizacji [ABPMP International, 2019]. Osiągnięcia tej nauki były uwarunkowane przede wszystkim przez wypracowane latami rozwiązania praktyczne. To właśnie dobre praktyki zarządzania wpłynęły w najwyższym stopniu na kształtowanie się póź-

niejszych osiągnięć BPM. To przenikanie się cykliczne rozwoju teorii i praktyki zarządzania procesami biznesowymi trwa do dziś [Dumas i in., 2018]. Druga grupa istotnych uwarunkowań była zależna od rozwoju technologii – oprogramowania pozwalającego nie tylko modelować procesy biznesowe, ale także optymalizować je względem kosztów, czasu lub wyszczególnionych kluczowych wskaźników (KPI – Key Performance Indicators). Szczególne znaczenie ma możliwość zastosowania do zarządzania procesami chatbotów (AI). Trzecia grupa uwarunkowań to czynniki organizacyjne – wykorzystanie zarządzania procesami przyspieszało lub opóźniało zmiany w organizacji, jej strukturze i funkcjonowaniu. Czwarte – najważniejsza grupa determinant – to czynnik ludzki. Bez wyposażonego w odpowiednią wiedzę (zarówno informatyczną, jak i ekonomiczną) eksperta ds. zarządzania procesami żadne, chociaż coraz doskonalsze metody i techniki wspomagania tego zjawiska, nie miałyby szans powodzenia [Hrabal i in., 2020]. Z punktu widzenia zajmowanego stanowiska pracy informatycy to grupa zróżnicowana, obejmująca zarówno stanowiska kierownicze (członek zarządu, dyrektor, kierownik), jak i niższe szczeble zarządzania (ekspert BPM, specjalista BPM, analityk/projektant). W badanej grupie wyróżniono też podział według płci. Badania grupy No Fluff Jobs i ich kolejne coroczne raporty [www3; www4; www5], źródła statystyczne [www6] itp. wskazują na rosnące zatrudnienie kobiet w IT, sięgające obecnie 15%, z roczną dynamiką sięgającą 12% (52% kobiet pracuje w IT na świecie) [www7]. Ponieważ większość kobiet zatrudnionych w Polsce w IT pracuje jako specjalistki w zakresie projektowania, testowania i analityki biznesowej, uznano, że ich opinia wyrażona w obecnym badaniu może być różna od opinii mężczyzn na ten temat.

Opisany powyżej zakres tematyczny obejmuje treści niniejszego rozdziału. W literaturze przedmiotu spotyka się liczne pozycje dotyczące zarządzania procesami biznesowymi, jak również modelowania, zarządzania projektami i procesami i związków pomiędzy nimi oraz komentarzy i rekomendacji związanych z optymalną realizacją strategii procesowej w organizacji, szczególnie w projektach informatycznych [Karagiannis i in. (red.), 2021]. Natomiast nie ma w nich oceny eksperckiej wymienionych uprzednio uwarunkowań wykorzystania modelowania czy zarządzania procesami w rozwoju organizacji, jak również zróżnicowania opinii kobiet i mężczyzn na ten temat. Stanowi to lukę badawczą, którą rozdział ten ma nadzieję przynajmniej częściowo wypełnić.

Powyższe rozważania skłaniają do sformułowania następujących pytań badawczych:

- RQ1: Jaka jest ocena determinant zastosowania modelowania procesów i zarządzania procesami w organizacji?
- RQ2: Czy respondenci niezależnie od płci tak samo oceniają możliwości, zalety, wady, wyzwania i bariery zastosowania BPM dla rozwoju organizacji?

Konieczność odpowiedzi na te pytania pociągnęła za sobą następującą strukturę pracy. We wprowadzeniu scharakteryzowano cele i problematykę prowadzonych badań. W sekcji następnej zaś przeanalizowano podstawowe pozycje literaturowe z tego zakresu. Sekcja trzecia zawiera przedstawienie procedury badawczej oraz metod szczegółowych stosowanych w badaniach, a także opis próby badawczej. Analiza uzyskanych wyników składa się z analizy całościowej zagadnienia oraz na tym tle analizy porównawczej opinii kobiet i mężczyzn. W ostatniej sekcji zawarto wnioski z przeprowadzonych badań, ukazano ich ograniczenia i wynikające z nich kierunki dalszych badań.

5.1. Analiza literaturowa

Jednym z najbardziej skomplikowanych projektów w organizacji jest wdrożenie takiego rozwiązania ICT (Information-Communication Technology), które w pełni będzie odpowiadało potrzebom przyszłego użytkownika i jednocześnie zapewni równowagę pomiędzy kosztami, funkcjonalnością, terminowością wykonania, przy akceptowalnej jakości [Chmielarz, 2015]. Wdrożenie realizowane jest zawsze według określonej metodyki zarządzania projektem [Lock, 2020; Nicholas, Steyn, 2020] z grupy metodologii klasycznych lub, coraz częściej, zwinnych lub hybrydowych. Jednocześnie wykorzystywane są przy tym, zwłaszcza w fazie przedprojektowej lub projektowej, metody zarządzania procesami [vom Brocke i in., 2014; Dumas i in., 2022] szczególnie w innowacyjnych projektach ICT [Larson, Gray, 2014]. Głównym narzędziem wykorzystywanym w zarządzaniu procesami jest modelowanie procesów biznesowych [Misiak, 2024].

Problematyka zarządzania projektami informatycznymi, wspomaganego zarządzaniem procesami, obejmuje takie zagadnienia, jak: czynniki sukcesu zarządzania projektami informatycznymi [Sheffield, Lemétayer, 2013; Irvine, Hall, 2015; Iriarte, Bayona, 2020], zarządzanie ryzykiem projektów [Kliem, Ludin, 2019], strategię zarządzania projektami informatycznymi [Patanakul, Shenhar, 2012; Meredith, Shenhar, Mantel Jr, 2017; Gabryelczyk, Sipior, Biernikowicz, 2022], bariery wdrożeniowe projektów informatycznych [Terlizzi, de Souza, de Moraes, 2016], rekomendacje praktyczne zarządzania projektami [Ashurst, Doherty, 2003; Kerzner, Zeitoun, Viana Vargas, 2022], dynamika procesów w projektach informatycznych [Szelągowski, 2018].

Zmiany w podejściu do projektów informatycznych [Lock, 2020] ukształtowały najpierw podział na wykorzystanie metod tradycyjnych do dużych projektów, a podejścia zwinnego (agile) do małych i średnich [Sheffield, Lemétayer, 2013], a w ostatecznej postaci do podejścia hybrydowego [Copola Azenha, Apa-

recida Reis, Leme Fleury, 2021], stosowanego obecnie do większości projektów. W podejściu hybrydowym łączy się najlepsze cechy podejścia tradycyjnego i zwinnego, tworząc narzędzie uniwersalne i elastyczne zarządzania projektami, spełniające wszelkie wymagania użytkownika.

Ze względu na potrzeby praktyczne równoległe do rozwoju metod zarządzania projektami rozwijały się metody zarządzania procesami. Zarządzanie procesowe polega na ciągłej weryfikacji i usprawnianiu procesów, gdy uzyskane rezultaty nie przynoszą zaplanowanych rezultatów [Szelański, 2019]. Stało się podstawą analizy i projektowania zmian w organizacji, szczególnie w kontekście zastosowania w niej ICT. Koncepcje metodyk usprawnienia procesów w danej organizacji czy chociażby ich identyfikacji i systematyzacji obejmują: zarządzanie procesami [Allweyer, 2016], cykl życia zarządzania procesami [de Moraes i in., 2014] i modele dojrzałości procesów biznesowych [Rosemann, De Bruin, Hueffner, 2004]. Jednak ciągłe usprawnianie procesów w celu zwiększenia ich efektywności i skuteczności [vom Brocke i in., 2014] nie byłoby możliwe bez ciągłego wsparcia przez ICT.

Obszary zainteresowań badaczy przy tak silnej relacji zarządzania projektami i zarządzania procesami koncentrują się na: wykorzystaniu BPM w kształtowaniu strategii organizacji [Binci, Belisari, Appoloni, 2020], ograniczeniach możliwości jego zastosowania [Castro, Dresch, Veit, 2020], potencjalnych korzyściach [Schmiedel, vom Brocke, 2015] oraz wskazówkach dotyczących zastosowań dla praktyków [vom Brocke i in., 2014].

Ten silny związek odzwierciedlony w literaturze dowodzi wiodącej roli zarządzania procesami w projektach informatycznych, a jego zadaniem jest usprawnienie procesów w taki sposób, by przy najmniejszych kosztach, ustalonym harmonogramie i niskim poziomie ryzyka doprowadzić do wdrożenia lub modyfikacji systemu ITC w organizacji [Winch, 2001; Larson, Gray, 2014].

O ile istnieją podstawy literaturowe do rozważań teoretycznych na temat zarządzania procesami, o tyle nie znaleziono materiałów na temat transformacji świadomości dotyczącej teoretycznego zarządzania procesami na rozwiązania praktyczne. Taka literatura w przypadku zróżnicowania poglądów na temat zarządzania procesami wśród kobiet i mężczyzn ma przeważnie charakter tylko zestawień statystycznych [www3; www4; www5].

Jest to istotna luka badawcza, której wypełnienie przyniesie korzyści zarówno decydom, badaczom, jak i praktykom gospodarczym. Zwłaszcza w sytuacji, gdy istnieje również pokaźny (liczący do 150 tys. osób) niedobór informatyków na rynku polskim, który można zminimalizować m.in. poprzez zatrudnienie kobiet w tej branży. Roczna dynamika zatrudnienia kobiet w IT wynosi obecnie, w zależności od źródeł, 6-12%. Obecnie 15,5% kobiet pracuje

w Polsce w IT, ale jest to nadal 24 miejsce w Europie, poniżej średniej (19%), najwyższe miejsca zajmują z kolei Litwa i Korsyka (64%) oraz Łotwa (63%) [www8; www9; www10]. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że to kobiety są coraz bardziej zainteresowane pracą w zawodzie informatyka i związaną z tym późniejszą karierą [www11]. Dodatkowym czynnikiem stymulującym je do pracy w tym zawodzie jest – w niektórych specjalnościach – możliwość wykonywania jej całkowicie lub częściowo w sposób zdalny [www12]. Dotarcie z tą ideą do pracodawców pozwoliłoby zmniejszyć deficyt zatrudnienia w tym zawodzie. Należy również pamiętać, że 58% wszystkich studentów to kobiety [www13; www14]. W tej sytuacji poznanie opinii kobiet w tak istotnej sprawie, jak zarządzanie procesami w projektach informatycznych, wydaje się istotnym czynnikiem pozwalającym na ocenę perspektyw ich zatrudnienia w IT.

5.2. Metodyka badawcza

5.2.1. Procedura badawcza

Przedstawiane na tym etapie badania realizowano w dwóch wybranych uczelniach: Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach oraz Uniwersytecie Warszawskim. Podstawowym problemem okazało się zebranie danych pierwotnych w środowisku, które w profesjonalny sposób podejście do wypełnienia ankiety badawczej, dlatego przeprowadzono badania na sympozjach i konferencjach w środowisku zajmującym się informatyką gospodarczą. Badanie przeprowadzono rozprowadzając kwestionariusze ankiet. Po ich wypełnieniu, następowało przenoszenie ich zawartości na postać elektroniczną, wykonanie obliczeń oraz opracowanie uzyskanych wyników. Metoda ta była połączeniem metody PAPI (Paper and Pencil Interviewing) oraz CAPI (Computer Assisted Personal Interview), które dawały gwarancję szybkiej i wysokiej zwrotności oraz bezpieczeństwa.

Aby zrealizować cele niniejszego badania, przyjęto następującą procedurę badawczą, składającą się z:

- analizy literaturowej, pozwalającej określić stan badań w zakresie oceny przez ekspertów zarządzania procesami,
- specyfikacji luki badawczej i postawienia hipotez badawczych,
- opracowania kwestionariusza ankiety i jego weryfikacji,
- przeprowadzenia badania ankietowego,
- wstępnego przygotowania danych zebranych na podstawie ankiet do przeprowadzenia obliczeń strukturalnych, np. udziałów procentowych opinii respondentów na temat stosowania zarządzania procesami w projektach informatycznych,

- obliczenia podstawowych statystyk: wariancji i odchylenia standardowego dla wyników uzyskanych dla opcji każdego pytania ankietowego,
- podziału zbioru wszystkich danych na dwie grupy: kobiet oraz mężczyzn,
- obliczenia zróżnicowania opinii obu grup za pomocą odległości miejskiej i odległości euklidesowej oraz obliczenia istotności tego zróżnicowania za pomocą statystyki F-Snedecora,
- analizy i dyskusji uzyskanych wyników,
- wniosków i określenia ograniczeń oraz dalszych kierunków badań.

Podstawowe statystyki, które obliczono, to miary zróżnicowania danych:

- wariancja, czyli miara zmienności uzyskanych wyników. Informuje o tym, jakie jest zróżnicowanie wyników w obserwacji – badamy, czy wyniki są bardziej skoncentrowane wokół średniej, czyli czy są małe różnice pomiędzy średnią a poszczególnymi wynikami, czy też rozproszenie wyników jest duże, tzn. czy duża jest różnica pomiędzy poszczególnymi wynikami a średnią:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (1)$$

gdzie: s^2 – wariancja, $\bar{x}$ – średnia, x_i – kolejna obserwacja w próbie, n – liczebność zbioru;

- odchylenie standardowe to miara statystyczna rozproszenia zbioru danych względem jego średniej, która jest obliczana jako pierwiastek kwadratowy wariancji:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

gdzie: s – odchylenie standardowe, $\bar{x}$ – średnia, x_i – kolejna obserwacja w próbie, n – liczebność zbioru.

Analiza materiałów teoretycznych i internetowych pozwoliła na określenie luki badawczej, którą była identyfikacja zróżnicowania znajomości teoretycznych założeń zarządzania procesami biznesowymi w procesie ich realizacji przez kobiety i mężczyzn, którzy byli ekspertami z tej dziedziny.

W związku z tym postawiono tezę badawczą H_0 :

- H_0 – o istnieniu rozbieżności pomiędzy opiniami kobiet a opiniami mężczyzn na temat oceny miejsca i roli zarządzania procesami wobec hipotezy H_1 , że takie różnice nie istnieją, z założonym prawdopodobieństwem = 0,05.
- Aby obliczyć wysokość różnic policzono następujące miary odległości:
- odległość miejską (Manhattan, City block) – czyli sumę różnic bezwzględnych pomiędzy takimi samymi atrybutami w kolejnej próbie. Wpływ poje-

dynczych dużych różnic jest złagodzony, więc trudniej jest je wychwycić w populacji. Obliczana jest według wzoru:

$$Cd = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (3)$$

gdzie: Cd – odległość miejska, x_i, y_i – porównywane atrybuty,

- odległość euklidesową – pierwiastek sumy różnic atrybutów podniesionych do kwadratu, odległość geometryczna w przestrzeni wielowymiarowej; wzór na odległość euklidesową oblicza się z definicji:

$$Ce = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

gdzie: Ce – odległość euklidesowa, x_i, y_i – porównywane atrybuty.

Dla zbadania istotności zróżnicowania wariancji badanej zmiennej w dwóch populacjach zastosowano prawostronny test F-Snedecora. Jeżeli s_1^2 oraz s_2^2 są niezależnymi wariancjami z populacji o rozkładach normalnych, to statystyka:

$$F - \text{Snedecora} = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (5)$$

gdzie: $s_1^2 > s_2^2$

ma rozkład F-Snedecora z liczbami stopni swobody $u = n_1 - 1$ i $v = n_2 - 1$, gdzie u jest liczbą stopni swobody dla wariancji w liczniku, a v liczbą stopni swobody dla wariancji w mianowniku.

Dla udowodnienia tej hipotezy policzono poziom istotności α dla rozkładu prawostronnego F-Snedecora. Test F-Snedecora został tu wykorzystany do porównania stopnia istotności dwóch zestawów danych (opinii teoretyków i praktyków) i porównania z wyznaczoną na podstawie wartości testowych wartością p (czyli należało porównać wyniki testowe wartości testu $F_{\text{policzony}}$ z wartością stabilizowaną F_{kr}). Jeżeli $p \leq \alpha$, to odrzucamy postawioną hipotezę, jeżeli $p \geq \alpha$, to przyjmujemy postawioną hipotezę.

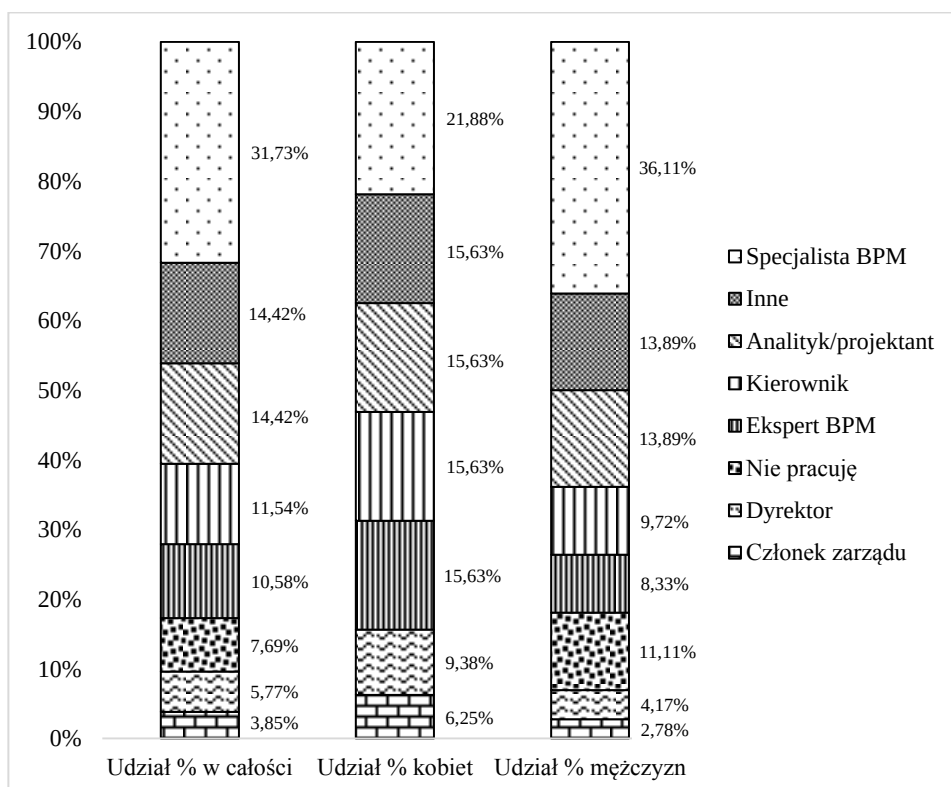
Dane do obliczeń zebrano za pomocą kwestionariusza ankiety. Składał się on z dwudziestu siedmiu pytań oraz ośmiu pytań z metryczki. Pytania merytoryczne, z których każde zawierało od pięciu do jedenastu opcji odpowiedzi, były podzielone na pięć grup dotyczących:

- aspektów zarządzania procesami,
- charakterystyki procesów biznesowych,
- modelowania procesów biznesowych,
- uwarunkowań organizacyjnych zarządzania procesami biznesowymi,
- przyszłości zarządzania procesami biznesowymi.

Odpowiedzi na opcje zawarte w poszczególnych pytaniach pozwoliły na ocenę uwarunkowań stosowania modelowania oraz zarządzania procesami w projektowaniu systemów IT.

5.2.2. Charakterystyka próby badawczej

Zawiera ona dane zebrane na koniec 2023 roku wśród uczestników III Sympozjum BPM oraz konferencji IwZ'23. Ostatecznie w tym etapie zebrano 103 wypełnionych ankiet z 121 rozprawdzonych (85% zwrotności). Skład uczestników sympozjum i konferencji w momencie przeprowadzania badania ankietowego nie był znany, możemy więc uznać, że badanie przeprowadzono w sposób losowy. Ankieta składała się z dwudziestu siedmiu pytań merytorycznych oraz siedmiu pytań demograficznych dotyczących płci, wieku, wykształcenia, statusu zawodowego, miejsca pochodzenia, stanowiska w strukturze organizacyjnej oraz statusu finansowego.



Rys. 1. Struktura stanowisk w podziale na respondentów ogółem, kobiety i mężczyzn

Źródło: Opracowanie własne.

Dobór respondentów do wypełnienia ankiety wydawał się odpowiedni. Po pierwsze w III Sympozjum uczestniczyły wybrane wśród kadry akademickiej i zaproszonych ekspertów zewnętrznych tylko te osoby, które interesują się BPM. Coroczna, największa konferencja środowiskowa IwZ 2023 miała szerszą formułę, tym niemniej skupiała specjalistów z informatyki ekonomicznej, a zaproszeni goście zewnętrzni wypowiadali się w zakresie BPM. Po drugie – wśród ankietowanych znaleźli się wybitni eksperci z zakresu BPM i zarządzania projektami informatycznymi, często z bogatym doświadczeniem praktycznym. Największą grupę wśród respondentów stanowili specjaliści BPM (średnio blisko 32%, o 14% mniej w grupie kobiet). We wszystkich pozostałych kategoriach udział procentowy kobiet był większy od udziału mężczyzn. Wszystkie ankietowane kobiety pracowały (rys. 1).

Pozostałe dane szczegółowe dla całości próby i w podziale według płci zawiera tabela 1.

Tabela 1. Dane demograficzne w próbie badawczej

Cecha demograficzna	Udział w całości	Udział kobiet	Udział mężczyzn
1	2	3	4
Płeć			
Kobiety	30,10%	30,10%	–
Mężczyźni	69,90%	–	69,90%
Wiek			
Poniżej 18	0,97%	3,23%	0,00%
18-25	40,78%	3,23%	56,94%
26-30	4,85%	6,45%	4,17%
31-35	4,85%	6,45%	4,17%
36-50	33,98%	58,06%	23,61%
Powyżej 50	14,56%	22,58%	11,11%
Wykształcenie			
Średnie	0,97%	0,00%	1,39%
Licencjat /inżynier	40,78%	3,23%	56,94%
Wyższe	33,01%	38,71%	30,56%
Doktorat / habilitacja +	25,24%	58,06%	11,11%
Miejsce pochodzenia			
Wieś	8,74%	6,45%	9,72%
Miasto poniżej 50 tys. mieszkańców	20,39%	9,68%	25,00%
Miasto 50-100 tys. mieszkańców	8,74%	3,23%	11,11%
Miasto 101-500 tys. mieszkańców	41,75%	35,48%	44,44%
Miasto powyżej 500 tys. mieszkańców	20,39%	45,16%	9,72%
Status zawodowy			
Student	6,93%	0,00%	9,86%
Student pracujący	38,61%	3,33%	53,52%
Pracownik zawodowy	49,50%	93,33%	5,63%
Inne	4,95%	3,33%	30,99%

cd. tabeli 1

1	2	3	4
Stanowisko w strukturze organizacyjnej			
Członek zarządu	3,85%	6,25%	2,78%
Dyrektor	5,77%	9,38%	4,17%
Kierownik	11,54%	15,63%	9,72%
Ekspert BPM	10,58%	15,63%	8,33%
Specjalista BPM	31,73%	21,88%	36,11%
Analityk/projektant	14,42%	15,63%	13,89%
Nie pracując	7,69%	0,00%	11,11%
Inne	14,42%	15,63%	13,89%
Status finansowy			
Bardzo dobra (starcza mi na wszystko, co nieco zostaje)	30,48%	9,52%	29,73%
Dobra (nie narzekam, ale mogłoby być lepiej)	51,43%	17,14%	48,65%
Średnia (starczy na oszczędne życie)	15,24%	1,90%	18,92%
Dostateczna (jeszcze wiąże koniec z końcem)	0,95%	0,95%	0,00%
Zła (ledwo starczy na podstawowe produkty i usługi)	0,00%	0,01%	0,00%
Jestem studentem, nie jestem niezależny finansowo	1,90%	0,00%	2,70%

Źródło: Opracowanie własne.

Aby zbadać rzetelność danych, policzono współczynniki α -Cronbacha. Dla wszystkich kryteriów oceny α -Cronbacha wskazuje na wewnętrzną spójność próby – były one większe od 0,85 (0,85-0,96).

5.3. Analiza i dyskusja wyników

W pierwszej części ankiety ustalono uwarunkowania semantyczne badania. Dotyczyły one rozumienia przez ekspertów podstawowych pojęć zawartych w pytaniach kwestionariusza ankiety: zarządzania procesami biznesowymi, modelowania procesów biznesowych oraz zarządzania projektami IT. Pozwoliło to na uściślenie odpowiedzi związanych z praktyką zarządzania procesami. Zgodnie z przewidywaniami wypowiedzi respondentów grupowały się przeważnie wokół jednej kluczowej dla nich definicji. Dla kategorii *Business Proces Management* średnio 61% (64% – kobiety; 60% – mężczyźni) wybrało definicję Weskego [2019, s. 386]: „obejmuje koncepcje, metody i techniki wspierające projektowanie, administrowanie, konfigurację, analizę i realizację procesów biznesowych”. Ze względu na skupienie się ankietowanych na jednej odpowiedzi wystąpiła wysoka, ponad 5% wariancja i ponad 22% odchylenie standardowe. Dla określenia *procesu* średnio 44% (39% – kobiety; 46% – mężczyźni) wskazało na definicję Johanssona [1993, s. 168]: „zbiór powiązanych działań, które pobierają dane wejściowe i przekształcają je w celu stworzenia danych wyjściowych, dające resul-

tat bardziej użyteczny i efektywny dla odbiorcy” (wariancja rzędu średnio 3,7%; 19% – odchylenie standardowe). Podczas definiowania *modelowania procesów* średnio 59% (58% – kobiety; 79% – mężczyźni) ankietowanych najbardziej ceniło sobie praktyczne podejście występujące w dwóch definicjach mówiących o odwzorowaniu i uporządkowaniu przebiegu i kolejności wykonywania kolejnych kroków w procesie za pomocą odwzorowania graficznego [www15]. W tym przypadku wariancja była rzędu 1%, a odchylenie standardowe 10%, ponieważ odpowiedzi rozłożyły się znacznie bardziej równomiernie.

Ocena cech charakterystycznych BPM wskazały na uwarunkowania zależne od czynnika personalnego: określonej odpowiedzialności za przebieg procesów (średnio – 15%; kobiety – 14%; mężczyźni – 16%); kompleksowego myślenia wykraczającego poza granice działów (średnio – 14%; kobiety – 18%; mężczyźni – 12%) oraz personalną orientację na wynik (średnio – 13%; kobiety – 15%; mężczyźni – 12%). Do takiego wyniku przyczyniły się uwarunkowania organizacyjne wynikające z cech procesów: identyfikacji procesów (jasno określone granice, punkt wyjścia i cel), uporządkowanie (w czasie i przestrzeni) oraz osadzenie w biznesowej rzeczywistości danej organizacji (16-18%). Kobiety podkreślają też (16%) ukierunkowanie na klienta. Potwierdzają to wyniki dotyczące cech rozpowszechnienia procesów biznesowych: ukierunkowanie na spełnienie celów organizacji (średnio – 17%; kobiety – 16%; mężczyźni – 19%) oraz dynamiczne i odpowiadające na bieżące potrzeby, zmienne ograniczenia rynkowe (średnio – 17%; kobiety – 16%; mężczyźni – 19%).

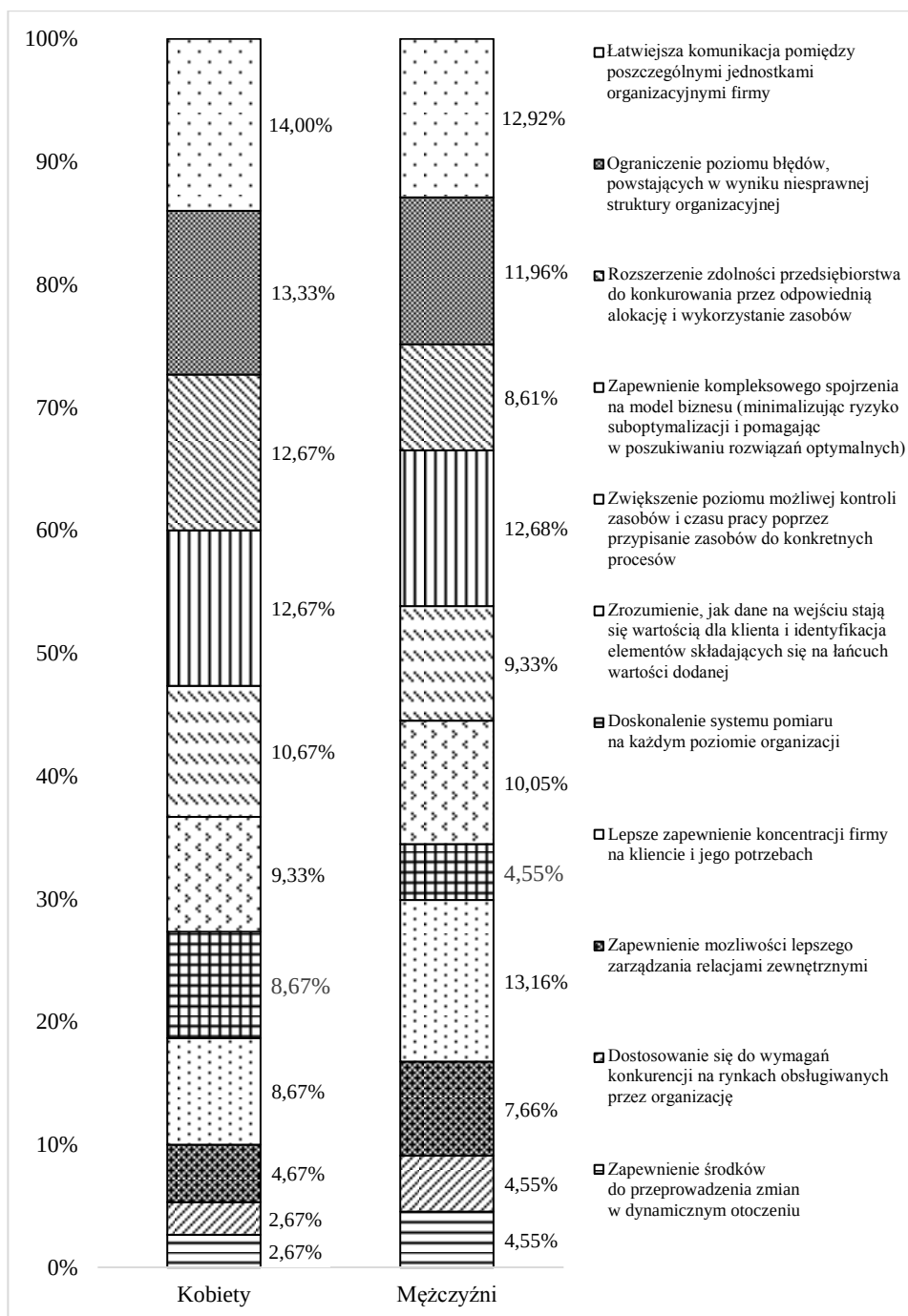
Część kwestionariusza odnosząca się do rzeczywistości zaczyna się od identyfikacji uwarunkowań organizacyjnych – ankietowani mieli wskazać na obszary działalności organizacyjnej, gdzie można w najbardziej optymalny sposób zastosować zarządzanie procesami biznesowymi. Takimi dwoma obszarami zajmującymi ponad 50% odpowiedzi były obsługa zamówień (rejestracja, obsługa zamówień specjalnych – 58%) oraz sprzedaż i obsługa klienta (spersonalizowana obsługa, przygotowanie do współpracy z chatbotami – 53%).

Następnie zbadano opinię na temat relacji pomiędzy modelowaniem procesów biznesowych a zarządzaniem procesami biznesowymi. Średnio najwięcej osób (48%) uznało modelowanie za użyteczne narzędzie zarządzania procesami biznesowymi (61% – kobiety; 42% – mężczyźni). O 14% mniej uważa, że zarządzanie procesami biznesowymi zawiera modelowanie procesów biznesowych. Pomiędzy opiniami kobiet i mężczyzn na ten temat wystąpiła różnica rzędu 16% na rzecz opinii wyrażonej przez mężczyzn (48% – kobiety; 39% – mężczyźni). Wyrażono w ten sposób opinię o wysokim wpływie czynników technicznych na zarządzanie procesami biznesowymi.

Wobec powyższej opinii na temat czynników technicznych, czyli wykorzystania narzędzi modelowania procesowego, nie dziwi wysoki (średnio 49%) udział osób wykorzystujących w swojej pracy modelowanie procesów, a więc i zarządzanie nimi. Zaznacza się tu duża różnica pomiędzy opiniami kobiet – 77% wykorzystuje zarządzanie procesami w praktyce, a czyni tak tylko 36% mężczyzn. Tylko 17% ma do modelowania w zarządzaniu procesów stosunek negatywny (*nie wykorzystuję i nie zamierzam*), w tym tylko 10% kobiet i 21% mężczyzn. Pomimo tych wysokich różnic pomiędzy rozpatrywanymi populacjami, test F-Snedecora nie przekroczył wartości krytycznej (choć był bardzo blisko), istotne statystycznie zróżnicowanie się nie pojawiło.

W tym kontekście eksperci określili najważniejsze korzyści z modelowania procesów w zarządzaniu procesami biznesowymi: łatwiejsza komunikacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami organizacyjnymi firmy – średnio 13%, jak również ograniczenie poziomu błędów, powstających w wyniku niesprawnej struktury organizacyjnej (średnio 12%) i zapewnienie kompleksowego spojrzenia na całość przedsiębiorstwa (średnio niecałe 13%). W tych kategoriach różnice pomiędzy opiniami kobiet i mężczyzn były niewielkie, rozkład podobny, tak więc i wartość wariancji i odchylenia standardowego kształtowały się na niewysokim poziomie. Największa różnica (prawie 4,5%) wystąpiła jedynie dla lepszego zapewnienia koncentracji firmy na kliencie i jego potrzebach, z przewagą opinii mężczyzn. Szczegóły przedstawiono na rys. 2.

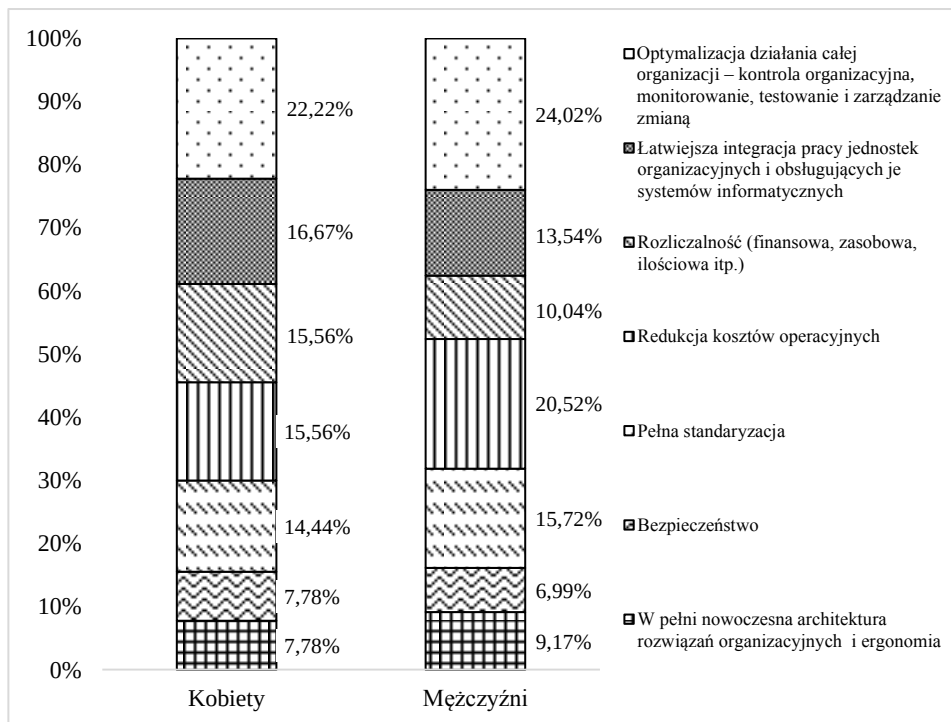
Na pierwszej pozycji wśród wad modelowania znalazły się problemy z wprowadzeniem szybkich zmian (integracja wzajemna procesów wewnętrznych i zewnętrznych – 18%). Samo modelowanie procesów biznesowych wyraźnie nie wystarczy do rozwiązania tego problemu, stąd zapewne popularność metod klasy agile, uwzględniających możliwość dokonania dynamicznych modyfikacji. Drugą niedogodnością była konieczność nauki obsługi narzędzi modelowania, a zwłaszcza przełożenia zdarzeń rzeczywistych na model graficzny (17%). Wreszcie trzecia – opór organizacyjny wprost proporcjonalny do „wielkości” analiz organizacyjnych (16%) i przekonanie o statyce procesów wykorzystywanych dla dynamicznych projektów informatycznych.



Rys. 2. Zaobserwowane uwarunkowania osiągnięcia korzyści z zastosowania zarządzania procesami biznesowymi

Źródło: Opracowanie własne.

W ramach korzyści z modelowania procesów biznesowych na pierwszym miejscu znalazła się optymalizacja działania całej organizacji – kontrola organizacyjna, monitorowanie, testowanie i zarządzanie zmianą (średnio prawie 24%). Na drugim miejscu – czynnik ekonomiczny – redukcja kosztów operacyjnych (19%). Różnica sięgająca do 5,5% występuje jedynie w kategorii rozliczalności (finansowej, zasobowej, ilościowej itp.). Dokładne dane zaprezentowano na rys. 3.

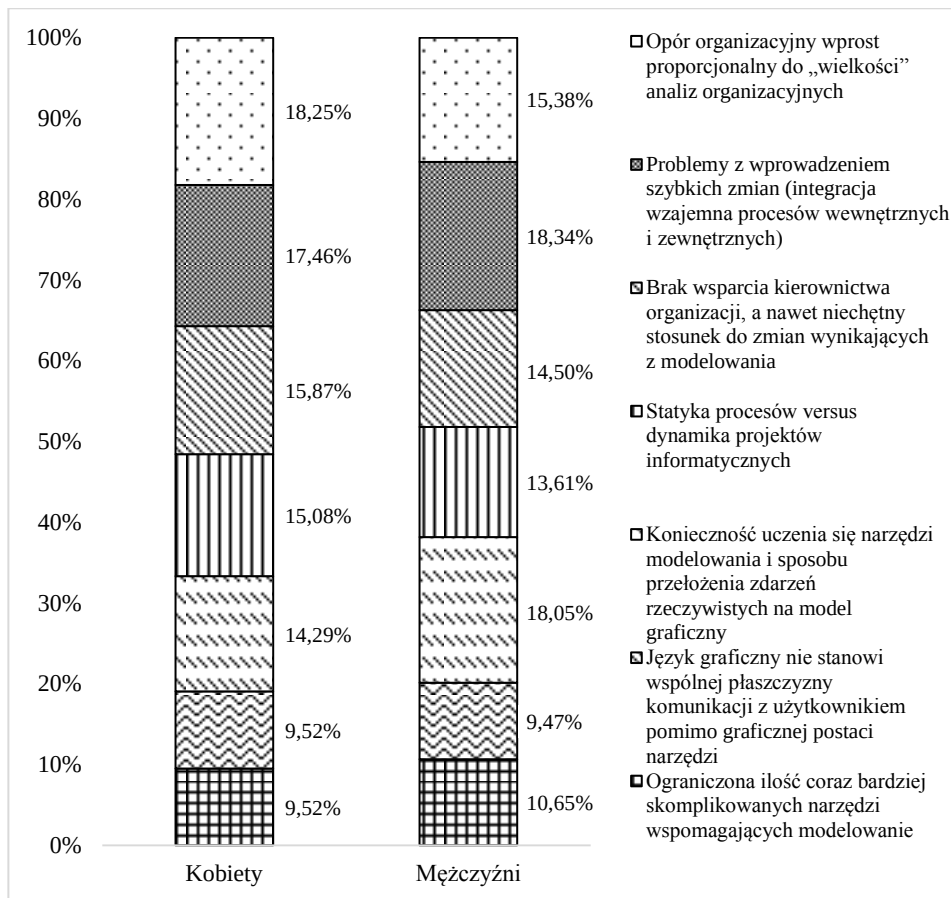


Rys. 3. Uwarunkowania osiągnięcia korzyści z zastosowania modelowania procesów biznesowych

Źródło: Opracowanie własne.

Wśród wad modelowania procesów biznesowych ponownie wskazywano głównie na uwarunkowania organizacyjne i personalne. Na pierwszym miejscu znalazły się problemy z wprowadzeniem szybkich zmian (integracja wzajemna procesów wewnętrznych i zewnętrznych – średnio 18%), konieczność uczenia się narzędzi modelowania i sposobu przełożenia zdarzeń rzeczywistych na model graficzny (średnio 17%) i opór organizacyjny wprost proporcjonalny do ilości analiz organizacyjnych (średnio 16%). Wśród kobiet najwięcej opinii uzyskał opór organizacyjny (18%), wśród mężczyzn – wprowadzanie szybkich zmian (18%). Różnice w opiniach obu płci nie były wielkie – sięgały 4% w przypadku

konieczności uczenia się narzędzi modelowania i sposobu przełożenia zdarzeń rzeczywistych na model graficzny. Szczegóły przedstawia rys. 4.

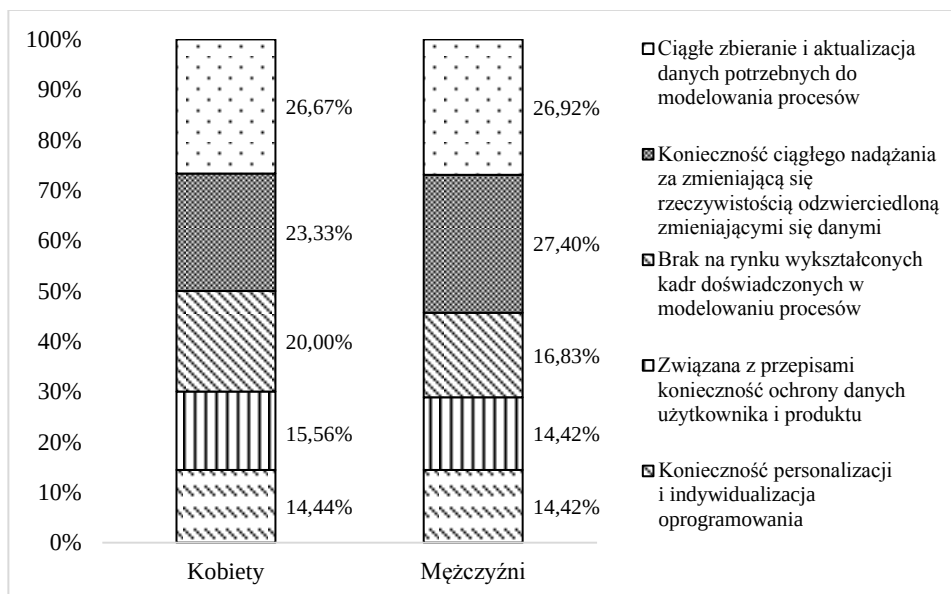


Rys. 4. Uwarunkowania niedociągnięć z zastosowania modelowania procesów biznesowych

Źródło: Opracowanie własne.

W podobnym kierunku poszły rozważania dotyczące zasadniczych ograniczeń i wyzwań modelowania procesów biznesowych. Za najistotniejsze ograniczenia wynikające z zastosowań praktycznych uznano konieczność ciągłego nadążania za zmieniającą się rzeczywistością odzwierciedloną zmieniającymi się danymi (średnio 27%) oraz ciągłe zbieranie i aktualizację danych potrzebnych do modelowania procesów (średnio 26% odpowiedzi). W pierwszym przypadku wystąpiła największa 4% różnica pomiędzy komentarzami kobiet i mężczyzn. Narzekano również na brak na rynku wykształconych kadr doświadczonych

w modelowaniu procesów (18%). Czyli kwestie techniczne i personalne zdominowały spojrzenie na ograniczenia i wyzwania modelowania procesów biznesowych (rys. 5).



Rys. 5. Ograniczenia i wyzwania zastosowania zarządzania procesami biznesowymi

Źródło: Opracowanie własne.

Ciekawe wyniki otrzymano na temat częstotliwości i zakresu stosowania modelowania procesów. Średnio najwyższe wyniki (26%) miała opcja *wykorzystania ich w trakcie wybranych analiz dla skomplikowanych problemów projektowych*. Natomiast zupełnie różne wyniki uzyskano w opiniach kobiet i mężczyzn. Wśród kobiet dominuje (25%) opcja *w ogóle nie są stosowane*. Niewiele mniej uzyskała opcja *stosuje się jedynie dla modyfikacji procesów* (22%). Natomiast w opiniach mężczyzn przeważa (29%) opinia mówiąca, że *stosuje się w trakcie wybranych analiz dla skomplikowanych problemów projektowych*. Na drugim miejscu wśród mężczyzn (22%) znalazła się kategoria *stosuje się w trakcie każdej analizy przedprojektowej* oraz niewiele mniej oceniana (21%) – *zawsze są stosowane, kiedy tylko zachodzi taka możliwość*. Wynika z tego, że mężczyźni znacznie bardziej optymistycznie podchodzą do wykorzystania modelowania procesów. Pomimo znacznego zróżnicowania pomiędzy wypowiedziami kobiet i mężczyzn, wewnątrz w każdej z grup oceny były podobne. Stąd wariancja i odchylenie standardowe w obu przypadkach były podobne oraz niewielkie, co spowodowało, że test odwrotny F-Snedecora nie wskazał na istotne statystycznie

zróznicowanie pomiędzy tymi grupami. W pytaniu tym dały się zauważyć przede wszystkim uwarunkowania organizacyjne i personalne.

Podobne rezultaty osiągnięto dla możliwości stosowania zarządzania procesami w celu usprawnienia organizacji. Ponad średnio 56% respondentów odpowiedziało, że dla usprawnienia działania organizacji wykorzystałoby zarządzanie procesowe *w miarę potrzeb, w określonej kolejności* oraz *może by zastosowało* (średnio 25%). Na ten wynik wpłynęły głównie opinie mężczyzn (*w miarę potrzeb w określonej kolejności* – 54% i *może* – 31%). Kobiety co prawda w pierwszym przypadku oceniły tę możliwość aż na 65%, ale na drugim miejscu (19%) znalazła się odpowiedź *tak, natychmiast*. Negatywne odpowiedzi stanowiły margines. Zróznicowanie w grupach mierzone wariancją w tym przypadku było większe (rzędu 4,90-7,70%).

Jeżeli bierzemy pod uwagę wiedzę i umiejętności niezbędne do zarządzania procesami biznesowymi w organizacji, to na pierwszym miejscu (19%) znalazły się kompetencje z zakresu zarządzania zmianą w organizacji, a na drugim (17%) umiejętności budowy architektury procesów w projekcie. Kobiety na dwóch ostatnich miejscach postawiły na znajomość metod i praktyczne umiejętności doskonalenia procesów w projekcie (16%) i znajomość metodyk strategicznego zarządzania procesami (16%).

W celu zapewnienia prawidłowego zarządzania procesami biznesowymi w organizacji powinna istnieć odpowiednia jednostka, w której kompetencjach znajdowałoby się wspomaganie modelowania i zarządzania procesami biznesowymi, umownie nazwana tu: Centrum Kompetencji Zarządzania Procesami. Tylko średnio 7% ekspertów potwierdziło istnienie w ich macierzystych firmach takiego centrum, a nieco ponad 22% raportowało o istnieniu jednostki o pokrewnych, odpowiednich kompetencjach. To stanowi niecałe 30% respondentów. Nieco inaczej rozłożyły się też odpowiedzi kobiet i mężczyzn. Wśród kobiet 27% stwierdziło brak w ich firmie jednostki zajmującej się zarządzaniem procesami, a 21% stwierdziło, że istnieje inna jednostka organizacyjna, posiadająca odpowiednie kompetencje. Ponad 31% mężczyzn też sygnalizowało brak takiej jednostki, w szczególności 22% stwierdziło wprost, że brak jest również Centrum Kompetencji. Ale z drugiej strony również 22% deklarowało istnienie innej jednostki organizacyjnej posiadającej odpowiednie kompetencje.

Respondenci w organizacjach posiadających Centrum Kompetencji lub inne jednostki o podobnych kompetencjach twierdzili, że jednostka taka istnieje ponad pięć lat (średnio – 17%; kobiety – 16%; mężczyźni – 18%) lub 3-5 lat (średnio – 9,5%; kobiety – 9%; mężczyźni – 10%). Przy wysokiej, ale na podobnym poziomie wariancji test F-Snedecora wypadł poniżej wartości krytycznej.

Za główne zadanie jednostki zajmującej się usprawnianiem procesów biznesowych uznano modelowanie i opisywanie procesów w celu opracowania procedur funkcjonowania dla pracowników w ramach projektu (12%), definiowanie wymagań biznesowych w procesach przedwdrożeniowych oraz monitorowanie i wymiarowanie procesów w projekcie (po 9%). Różnice pomiędzy opiniami kobiet i mężczyzn były niewielkie, podobnie jak wskaźniki statystyczne.

Wbrew wcześniejszym deklaracjom o całościowym charakterze zarządzania procesami biznesowymi w praktyce okazało się, że są one głównie (31%) stosowane w celu analizy i usprawnienia pojedynczych procesów, a mniej jako podejście do zarządzania całą organizacją. Z drugiej strony aż 23% traktuje je w sposób technicystyczny, jako zbiór technologii informatycznych, które pomagają zarządzać i automatyzować procesy. O ile w kwestii pierwszej opcji opinie kobiet i mężczyzn są podobne, to na drugim miejscu w opiniach kobiet (23%) sytuje się kategoria mówiąca o zarządzaniu procesami jako podejściu do zarządzania całą organizacją. Zarówno wariancje, jak i odchylenie standardowe są bardzo niewielkie i podobne.

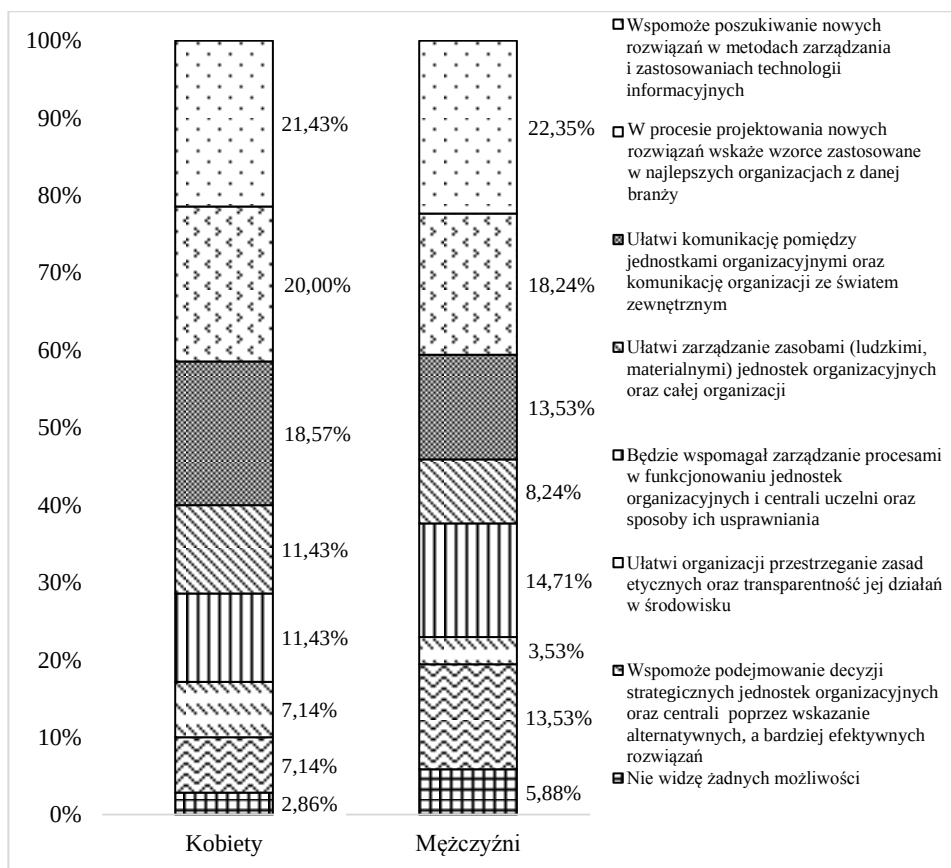
Skoro jednak zarządzanie procesami jest tak szeroko w różnych sytuacjach stosowane, to jaki może mieć wpływ na funkcjonowanie organizacji? Ponad połowa ekspertów (średnio 54%) stwierdziła, że ma duży wpływ i jest bardzo ważne dla sukcesu i koordynacji działań w całej organizacji, a średnio 22% oceniało ten wpływ jako średni. Wysoki wpływ na funkcjonowanie organizacji osiągnięto dzięki opiniom na ten temat 61% kobiet i 51% mężczyzn. Na drugiej pozycji wśród poglądów 12% kobiet znalazła się opinia, że zarządzanie procesami ma tylko niewielki wpływ na funkcjonowanie organizacji, a na drugim miejscu w populacji męskiej 27% stwierdziło, że ma to średni wpływ na funkcjonowanie organizacji.

Uwarunkowania organizacyjne objawiły się najmocniej podczas kreowania opinii o relacji kierownictwa organizacji do zarządzania procesami. Średnio 28% respondentów twierdziło, że w ich firmach kierownictwo mocno wspiera zarządzanie procesami. Z drugiej strony 22% wydało opinię o deklaracji przez kierownictwo poparcia, lecz słabym wspieraniu, a dalsze 20% o jego pełnej obojętności na to zjawisko. Jeśli do tego jeszcze dodać 24% osób, które nie wie, co o tym myśleć, to z tych danych wynika raczej bardzo słabe zainteresowanie kierownictwa usprawnianiem procesów. W grupie kobiet 55% twierdzi, że kierownictwu jest to obojętne, a również wbrew deklaracjom słabo popiera zarządzanie procesami. Męski punkt widzenia jest bardziej optymistyczny: jedna trzecia uważa, że kierownictwo mocno wspiera zarządzanie procesami (dwa razy więcej niż kobiety), ale aż 28% nie wie, co o tym sądzić.

Na kolejne pytanie o znaczenie zarządzania procesami w zarządzaniu projektami informatycznymi w zasadzie też nie udzielono jednoznacznej odpowiedzi. Średnio 39% respondentów stwierdziło, że tak, w wysokim stopniu (50% kobiet też tak to oceniło, a tylko 34% mężczyzn). Wśród kobiet nie było zgody co do tego czy zarządzanie procesami jest podzbiorem zarządzania projektami, czy wręcz przeciwnie (po 13% znoszących się w sumie odpowiedzi). W grupie mężczyzn 34% poparło twierdzenie o wysokim stopniu wsparcia zarządzania projektami przez zarządzanie procesami, 18% też to potwierdza (zarządzanie procesami zawiera się w zarządzaniu projektami), a dodaje do tego 21% opinii mówiących o wspieraniu zarządzania projektami w zakresie analizy i projektowania systemu. W tym pytaniu wyraźnie zaznaczają się uwarunkowania semantyczne – eksperci powinni ustalić znaczenie podstawowych kategorii z tego zakresu, zanim zaczną je stosować w praktyce.

W tym kontekście wdrożenie informatyki do organizacji jest istotnym wsparciem wszystkich procesów informacyjnych w całej firmie (średnio – 26%; kobiety – 22%; mężczyźni – 27%). Wśród kobiet przeważała jednak (28%) opinia, że jest to ważna inicjatywa strategiczna, promowana przez kadre zarządzającą, a 26% ocenia ją jako wsparcie procesów informacyjnych na poziomie operacyjnym. Mężczyźni oceniali nieco inaczej: 19% postawiło na powstanie nowych możliwości rozwoju działalności organizacji (o 11% więcej niż kobiety). Test F-Snedecora wykazał istotne różnice pomiędzy opiniami kobiet i mężczyzn.

Ostatnie pytanie miało ustalić w opinii ekspertów potencjalne miejsce i rolę sztucznej inteligencji, w tym przypadku ChatuGPT, dla zarządzania procesami. Najwięcej odpowiedzi (22%) uzyskała opcja mówiąca o wspomaganiu poszukiwania nowych rozwiązań metodami zarządzania i technologiami informacyjnymi. Niemniej istotna (20%) wydała się możliwość zastosowania go do projektowania nowych rozwiązań, gdzie może wskazać wzorce zastosowane w najlepszych organizacjach z danej branży. Na trzecim miejscu znalazło się ułatwienie komunikacji pomiędzy jednostkami organizacyjnymi oraz komunikacji organizacji ze światem zewnętrznym (17%). Opinie kobiet nie odbiegały od tego schematu. Mężczyźni natomiast wskazali (w 15% odpowiedzi), że chatbot będzie wspomagał zarządzanie procesami w funkcjonowaniu jednostek organizacyjnych i centrali uczelni oraz sposoby ich usprawniania. Oceny były podobne, wariancja i odchylenie standardowe bardzo niskie. Szczegóły przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Możliwości wykorzystania chatbotów w zarządzaniu procesami

Źródło: Opracowanie własne.

Pomimo w sumie tak pozytywnych opinii dotyczących ewentualnej współpracy z chatbotami, odpowiedzi respondentów na pytanie o możliwości zastąpienia specjalistów z zarządzania procesami przez chatboty są negatywne. I to zarówno w całej populacji, jak i w opiniach kobiet i mężczyzn. Średnio 27% twierdzi, że nie nadają się, ponieważ nie będą umiały modelować nowych procesów, 20% uważa, że nic nie zastąpi w tej pracy człowieka, a według 19%, że się do tego nie nadają. Kobiety najczęściej odpowiadały w tych samych opcjach. Mężczyźni stawiali najczęściej (31%) na brak umiejętności modelowania nowych procesów.

Uzupełnieniem analizy zróżnicowania opinii wyrażanych przez kobiety i mężczyzn w tabeli 2 zgromadzono pięć grup atrybutów oceny zarządzania procesami oraz podstawowe miary zróżnicowania (odległość miejską – suma wartości bezwzględnych różnic), odległość euklidesową (pierwiastek z odległo-

ści miejskiej do kwadratu) oraz policzony dla określenia istotności statystycznej różnic pomiędzy wymienionymi populacjami test F-Snedecora.

Tabela 2. Różnice pomiędzy opiniami ankietowanych ekspertów w podziale na kobiety i mężczyzn

Atrybuty oceny zarządzania procesami i modelowania w organizacji	Odległość miejska	Odległość euklidesowa	Test $F_{policzony}$	Test F_{kr} - stabilizowany
1	2	3	4	5
1. Aspekty zarządzania procesami				
Najbardziej trafna definicja zarządzania procesami biznesowymi	38,53%	2,19%	1,0805	2,4936
Najważniejsze cechy zarządzania procesami biznesowymi	29,91%	0,56%	1,1601	2,3803
Najistotniejsze korzyści z zarządzania procesami biznesowymi	23,93%	0,37%	1,4690	2,1231
Najbardziej efektywne obszary działalności organizacyjnej dla zastosowania zarządzania procesami biznesowymi i ich usprawniania	13,44%	0,18%	1,3198	2,4936
Rozumienie zarządzania procesami biznesowymi w organizacji respondenta	12,08%	0,13%	1,2278	2,6499
2. Charakterystyka procesów biznesowych				
Najbardziej trafna definicja procesu biznesowego	22,04%	0,62%	1,6990	2,6499
Najważniejsze cechy procesu biznesowego	12,08%	0,13%	1,2278	2,3638
Najistotniejsze cechy sprzyjające rozpowszechnianiu procesów biznesowych	22,83%	0,30%	1,3109	2,1526
Ocena wpływu zarządzania procesami biznesowymi na działanie organizacji respondenta	39,35%	2,39%	1,0241	2,4772
Relacja zarządzania procesami biznesowymi i zarządzania projektami informatycznymi	56,08%	3,14%	1,9841	2,2085
Znaczenie zarządzania procesami w projektowaniu systemów informatycznych organizacji	31,96%	3,12%	3,9213	2,6335
3. Modelowanie procesów biznesowych				
Najbardziej trafna definicja modelowania procesów biznesowych	44,71%	3,639%	1,0944	2,1231
Relacje modelowania procesowego i zarządzania procesowego	52,06%	3,82%	1,7864	2,6261
Możliwość wykorzystania modelowania procesów biznesowych w organizacji respondenta	82,62%	11,71%	5,9202	2,6261
System wykorzystywany dla modelowania procesów biznesowych	108,51%	15,57%	2,6970	2,2008
Najważniejsze korzyści z modelowania procesów w zarządzaniu procesowym	19,77%	0,38%	1,4921	2,3562
Podstawowe wady modelowania procesów biznesowych	16,92%	0,34%	1,0811	2,2695
Najważniejsze bariery i wyzwania modelowania procesów biznesowych	8,65%	0,14%	1,6484	2,6261

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5
4. Uwarunkowania organizacyjne zarządzania procesami biznesowymi				
Wiedza lub umiejętności z obszaru zarządzania procesami biznesowymi niezbędne w organizacji	35,43%	1,42%	1,8131	2,2490
Sytuacje, w których następuje wykorzystanie modelowania procesów w organizacji respondenta	63,19%	3,74%	2,7791	2,3359
Potencjalne wykorzystanie zarządzania procesowego w celu usprawnienia działalności organizacji respondenta	44,23%	3,06%	1,5520	2,6060
Istnienie specjalnej jednostki organizacyjnej w firmie respondenta (np. centrum kompetencyjne procesów)	114,68%	19,61%	2,1264	2,6060
Czas funkcjonowania w organizacji jednostki wspomagającej zarządzanie procesami biznesowymi	19,44%	0,54%	1,2849	2,6060
Główne zadania tej jednostki organizacyjnej	15,76%	0,20%	1,5832	2,1802
Stopień wspierania zarządzania procesami biznesowymi przez kierownictwo organizacji respondenta	87,35%	11,84%	2,2502	2,2490
5. Przyszłość zarządzania procesami biznesowymi				
Możliwości wykorzystania chatbotów (np. ChatGPT) w zakresie zarządzania procesami	26,97%	0,66%	1,1650	2,7642
Możliwość zastąpienia przez chatboty (np. ChatGPT) specjalistów z zarządzania procesami	53,47%	4,95%	1,1195	2,7642

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza powyższej tabeli pozwala na następujące wnioski:

- największe różnice mierzone metryką odległości miejskiej wystąpiły w opcji kontrowersji wokół konieczności budowy specjalnej jednostki organizacyjnej zajmującej się identyfikacją, usprawnianiem procesów biznesowych oraz współpracą z projektantami zarządzającymi projektami. Jak wcześniej zaznaczono, w większości organizacji nie istnieje taka lub podobna jednostka organizacyjna, stąd zapewne duże zróżnicowanie w odpowiedziach respondentów. Uwarunkowania organizacyjne dotyczą tu głównie różnej struktury firm, w których pracują respondenci,
- podobna sytuacja nastąpiła w kategorii systemu wykorzystywanego dla modelowania procesów biznesowych. Wiele organizacji posiada własne systemy wspomagające zarządzanie procesami i z nich korzysta, decydujące są tu uwarunkowania techniczne,
- duże różnice w wypowiedziach pojawiły się również w odpowiedziach na pytanie, czy i w jakiej sytuacji następuje wykorzystanie modelowania procesów. Wciąż wątpli w jego skuteczność około 20% respondentów bez względu na płeć,

- wątpliwości budzi też relacja kierownictwa organizacji do zarządzania procesami,
- duże kontrowersje budzi również możliwość zastosowania w tej dziedzinie narzędzi sztucznej inteligencji (AI) oraz możliwości zastąpienia nimi specjalistów z tej dziedziny, w tym przypadku popularnego chatbota (ChatGPT). Wskazywano, że w pracy analitycznej i koncepcyjnej dla nowych przypadków tego typu narzędzia są – jak na razie – bezużyteczne,
- co ciekawe, wątpliwości w praktyce budzi również kwestia relacji zarządzania procesami biznesowymi do zarządzania projektami informatycznymi. Pomimo upływu lat, wiele osób traktuje je zupełnie rozdzielnie, nie dostrzegając powiązań między nimi i korzyści z tego wynikających,
- podobnie traktowany wpływ zarządzania procesami biznesowymi na działanie organizacji respondenta; brakuje jednoznacznego przekonania o wpływie pozytywnym. Wydaje się, że jak raz została profesjonalnie zrobiona analiza i usprawnienie procesów, to będą one odporne na dynamiczne zmiany otoczenia. Nie jest też odpowiednio doceniane zarządzanie ryzykiem,
- rozbieżności istnieją też w postrzeganiu najistotniejszych korzyści z BPM,
- najmniejsze wątpliwości pojawiły się natomiast w takich obszarach, jak ocena najbardziej efektywnych obszarów działalności organizacyjnej dla zastosowania zarządzania procesami biznesowymi i ich usprawniania, zakresu wykorzystania modelowania procesów w organizacji respondenta oraz relacji modelowania procesowego i zarządzania procesowego,
- postawiona hipoteza badawcza sprawdziła się jedynie w 5 przypadkach na 27 (prawie w 19%) i pokrywa się z wynikami uzyskanymi dzięki miarom odległości w czterech, najbardziej kontrowersyjnych przypadkach, co świadczy o ich statystycznej istotności,
- zróżnicowanie w opiniach kobiet i mężczyzn dotyczy:
 - stopnia wspierania zarządzania procesami biznesowymi przez kierownictwo organizacji respondenta,
 - sytuacji, w których następuje wykorzystanie modelowania procesów w organizacji respondenta,
 - systemu informatycznego wykorzystywanego dla modelowania procesów biznesowych,
 - możliwości wykorzystania modelowania procesów biznesowych w organizacji respondenta,
 - znaczenia zarządzania procesami w projektowaniu systemów informatycznych organizacji.

Wnioski

Niniejsze badania przeprowadzono dla całej populacji oraz w podziale na dwie grupy: kobiet i mężczyzn. Odpowiedzi uzyskane w wyniku badania ankietowego były wynikiową opinią ponad stu osób pochodzących z różnych środowisk.

Wyniki uzyskane w części teoretycznej ankiety pozwoliły ustalić poglądy respondentów na semantyczny zakres podstawowych pojęć związanych z zarządzaniem procesami, modelowaniem i zarządzaniem projektami informatycznymi. To uwarunkowanie semantyczne stworzyło podstawy do oceny możliwości praktycznych aspektów wykorzystania zarządzania procesami w projektach informatycznych. Ponadto wykazano przywiązanie do najprostszych, sprawdzonych i istniejących od lat definicji podstawowych kategorii związanych z zarządzaniem procesami biznesowymi. Wybierano na ogół najbardziej znane i popularne definicje pojęć figurujące od lat w Internecie.

Dopiero bardziej szczegółowe i konkretne oceny w części praktycznej świadczyły o stopniowej ewolucji zarządzania procesami. Niektóre z opinii wyrażanych uprzednio w części teoretycznej, np. dotyczących znaczenia zarządzania procesami w strategii działania organizacji, sytuowały modelowanie procesami na niższy poziom zarządzania, traktując je wyraźnie jako narzędzie służące zarządzaniu procesami biznesowymi. Kontrowersje pojawiły się też wokół wyróżnienia specjalnej jednostki organizacyjnej dla bieżącego monitorowania i zgłaszania w sposób ciągły potrzeb związanych z modelowaniem. Kilka lat temu budziły duże nadzieje jako swoiste panaceum na problemy związane z zarządzaniem procesami w projektach, obecnie eksperci uważają je za narzędzie, które powinno być stosowane jedynie dorywczo w sytuacjach nadzwyczajnych. Interesujące jest również ich stanowisko w stosunku do możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w modelowaniu w zarządzaniu procesami. Otóż pomimo wyróżnionych zalet, większość ekspertów uważa, że nie zastąpią one w tym zakresie człowieka, głównie ze względu na fakt, że brak im możliwości transformacji zdarzeń z przeszłości na zdarzenia, które mogą się wydarzyć w przyszłości, czyli zdarzeń nowych. Uogólnione wyniki badań całościowych stały się tłem do prześledzenia różnic w opiniach kobiet i mężczyzn na temat zarządzania procesami. Tendencje homogeniczne w społeczeństwie na stanowiskach kierowniczych spowodowały niskie zróżnicowanie poglądów na temat uwarunkowań zastosowania w praktyce zarządzania procesami.

W związku z czym pojawiło się pytanie badawcze: czy ich poglądy różnią się w sposób statystycznie istotny, czy wręcz przeciwnie – czy są zgoła podobne? Odpowiedź na to pytanie polegała na analizie porównawczej poglądów i opinii dwóch wyróżnionych grup: kobiet i mężczyzn. Uzyskane w pięciu przypadkach

na 27 (19%) statystycznie istotne różnice częściowo potwierdziły wnioski z analizy całej populacji.

Przedstawione badania mogą być przydatne dla analityków biznesowych, wskazując im determinanty rozwoju zarządzania procesami w projektach informatycznych, dla specjalistów zajmujących się profesjonalnie tym zagadnieniem, jak również pracowników uczelni wyższych, którzy prowadzą badania i zajęcia z modelowania w zarządzaniu procesami i zarządzaniu projektami. Pokazują też, że kompetencje kobiet są równie wysokie jak kompetencje mężczyzn poprzez ich wzajemne podobieństwo występujące w większości wypowiedzi.

Ograniczeniami tego badania była zbyt mała, chociaż w pełni profesjonalna grupa ekspertów. Co prawda przekrój stanowisk, na których pracują, umiejętności i wykształcenie były adekwatne do poziomu prowadzonych badań, ale wydaje się, że opinii tej próby badawczej nie można w pełni generalizować. Badana grupa pochodziła tylko z jednego kraju (z Polski) – nie jest wykluczone, że różnice kulturowe związane z innymi stylami zarządzania pozwoliłyby na uzyskanie innych wyników.

Ograniczenia te wskazują na potencjalne kierunki rozszerzenia i kontynuacji badań. Po pierwsze – w kierunku zwiększenia próby badawczej. Po drugie – w kierunku rozszerzenia ich na analizy porównawcze z innymi krajami. Po trzecie – w kierunku wyciągnięcia wniosków z innych możliwych przekrojów, np. oceny wypowiedzi w podziale na teoretyków i praktyków gospodarczych. Po czwarte – przeprowadzenia tej ankiety w środowisku potencjalnych, przyszłych pracowników sektora IT w zakresie zarządzania procesami, np. studentów ostatnich lat, i porównania ich wypowiedzi z już zebranymi opiniami ekspertów z tej dziedziny. Tak szeroko przeprowadzone badania pozwoliłyby na wielostronne i całościowe potraktowanie tego problemu i umożliwiłyby uogólnienie wynikających stąd wniosków.

Literatura

- Allweyer T. (2016), *BPMN 2.0: Introduction to the Standard for Business Process Modeling*, BoD–Books on Demand.
- Ashurst C., Doherty N.F. (2003), *Towards the Formulation of a 'Best Practice' Framework for Benefits Realisation in IT Projects*, „Electronic Journal of Information Systems Evaluation”, Vol. 6(2), s. 1-10.
- Association of Business Process Management Professional International (2019), *Business Process Management Competency Model*, ABPMP International.
- Binci D., Belisari S., Appolloni A. (2020), *BPM and Change Management: An Ambidextrous Perspective*, „Business Process Management Journal”, Vol. 26(1), s. 1-23.

- vom Brocke J., Schmiedel T., Recker J., Trkman P., Mertens W., Viaene S. (2014), *Ten Principles of Good Business Process Management*, „Business Process Management Journal”, Vol. 20(4), s. 530-548.
- Castro B.K.D.A., Dresch A., Veit D.R. (2020), *Key Critical Success Factors of BPM Implementation: A Theoretical and Practical View*, „Business Process Management Journal”, Vol. 26(1), s. 239-256.
- Chmielarz W. (2015), *Information Technology Project Management*, Wydawnictwo Naukowe WZ UW, Warszawa.
- Chmielarz W., Zborowski M., Jelonek D., Sołtysik-Piorunkiewicz A., Wiechetek Ł. (2023), *Świadomość możliwości kształtowania kariery informatyka. Analiza porównawcza na wybranych uczelniach w Polsce*, „Przegląd Organizacji”, nr 3(998), s. 185-196.
- Copola Azenha F., Aparecida Reis D., Leme Fleury A. (2021), *The Role and Characteristics of Hybrid Approaches to Project Management in the Development of Technology-Based Products and Services*, „Project Management Journal”, Vol. 52(1), s. 90-110.
- Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. (2018), *Fundamentals of Business Process Management*, Springer.
- Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H., Gabryelczyk R. (2022), *Business Process Management*, PWN, Warszawa.
- Gabryelczyk R., Sipior J., Biernikowicz A. (2022), *Motivations to Adopt BPM in View of Digital Transformation*, Information Systems Management.
- Hrabal M., Tucek D., Molnar V., Fedorko G. (2020), *Human Factor in Business Process Management: Modelling Competencies of BPM Roles*, „Business Process Management Journal”, Vol. 27(1), s. 275-305.
- Iriarte C., Bayona S. (2020), *IT Projects Success Factors: A Literature Review*, „International Journal of Information Systems and Project Management”, Vol. 8(2), s. 49-78.
- Irvine R., Hall H. (2015), *Factors, Frameworks and Theory: A Review of the Information Systems Literature on Success Factors in Project Management*, „Information Research”, Vol. 20.
- Johansson H.J., McHugh P., Pendlebury A.J., Wheeler III W.A. (1993), *Business Process Reengineering: Breakpoint Strategies for Market Dominance*, John Wiley & Sons.
- Karagiannis D., Lee M., Hinkelmann M.K., Utz W., eds. (2022), *Domain-Specific Conceptual Modeling, Concepts, Methods and ADOxxTools*, Springer Nature Switzerland Ag.
- Kerzner H., Zeitoun A., Viana Vargas R. (2022), *Project Management Next Generation – The Pillars for Organizational Excellence*, John Wiley and Sons, New York.
- Kliem R.L., Ludin I.S. (2019), *Reducing Project Risk*, Routledge.
- Larson E., Gray C. (2014), *Project Management: The Managerial Process*, 6 ed., McGraw Hill.

- Lock D. (2020), *Project Management*, Routledge.
- Meredith J.R., Shenhar S.M., Mantel Jr S.J. (2017), *Project Management: A Strategic Managerial Approach*, John Wiley & Sons.
- Misiak Z. (2024), *Modelowanie procesów biznesowych. BPMN 2.0 od podstaw*, Helion, OnePress, Gliwice.
- de Morais R.M., Kazan S., de Padua S.I.D., Costa A.L. (2014), *An Analysis of BPM Lifecycles: from a Literature Review to a Framework Proposal*, „Business Process Management Journal”, Vol. 20(3), s. 412-432.
- Nicholas J.M., Steyn H. (2020), *Project Management for Engineering, Business and Technology*, Routledge.
- Patanakul P., Shenhar A.J. (2012), *What Project Strategy Really Is: The Fundamental Building Block in Strategic Project Management*, „Project Management Journal”, Vol. 43(1), s. 4-20.
- Rosemann M., De Bruin T., Hueffner T. (2004), *A Model for Business Process Management Maturity*, ACIS 2004 Proceedings, 6.
- Schmiedel T., vom Brocke J. (2015), *Business Process Management: Potentials and Challenges of Driving Innovation [w:] Driving Innovation in a Digital World. Management for Professionals*, Springer, Cham, Switzerland, s. 3-15.
- Sheffield J., Lemétayer J. (2013), *Factors Associated with the Software Development Agility of Successful Projects*, „International Journal of Project Management”, Vol. 31, s. 459-472.
- Szelągowski M. (2018), *Evolution of the BPM Lifecycle*, Communication Papers of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, s. 205-211.
- Szelągowski M. (2019), *Dynamic Business Process Management in the Knowledge Economy: Creating Value from Intellectual Capital*, Springer.
- Terlizzi M.A., de Souza Meirelles F., de Moraes H.R.O.C. (2016), *Barriers to the Use of an IT Project Management Methodology in a Large Financial Institution*, „International Journal of Project Management”, Vol. 34(3), s. 467-479.
- Weske M. (2019), *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures* (3 wyd.), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Winch G.M. (2001), *Governing the Project Process: A Conceptual Framework*, „Construction Management and Economics”, Vol. 1(8), s. 799-808.

Witryny internetowe

- [www1] <https://www.gov.pl/web/popcwsparcie/zarzadzanie-procesami-biznesowymi-bpm> (dostęp: 11.09.2023).
- [www2] <https://www.arcus.pl/2023/06/24/czym-jest-zarzadzanie-procesami-biznesowymi-bpm-business-processes-management/> (dostęp: 12.12. 2023).
- [www3] https://wp-insights.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/03/23143817/NFJ_Kobiety-_w_IT2022.pdf (dostęp: 24.11.2023).

- [www4] Raport No-Fluss Jobs, *IT Job Market in Poland in 2023. Salaries, Trends and Job and Statistics*, <https://nofluffjobs.com/en/insights/it-job-market-report/> 2023, (dostęp: 25.11.2023).
- [www5] Raport No-Fluss Jobs, *Jakie znaczenie ma płeć w miejscu pracy?* <https://nofluffjobs.com/insights/raport-kobiety-w-it/Kobiety-w-IT-2024-No-Fluff-Jobs-Raport.pdf> (dostęp: 22.03.2024).
- [www6] Raport No-Fluss Jobs, *Jakie znaczenie ma płeć w miejscu pracy?* <https://nofluffjobs.com/insights/raport-kobiety-w-it/> (dostęp: 10.06.2023).
- [www7] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230602-1> (dostęp: 9.06.2023).
- [www8] <https://bulldogjob.pl/readme/mity-o-polskim-it-vs-twarde-dane> (dostęp: 12.07.2023).
- [www9] <https://itwiz.pl/w-branzy-it-brakuje-kobiet-w-polsce-na-5-informatykw-przypada-1-informatyczka/> (dostęp: 9.06.2023).
- [www10] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230602-1> (dostęp: 10.06.2023).
- [www11] <https://www.szyzygy.pl/news/kobieca-sila-w-it-kto-jak-nie-my/> (dostęp: 10.05.2023).
- [www12] <https://hicron.com/pl/blog/6-mitow-o-pracy-w-it/> (dostęp: 9.06.2023).
- [www13] www.dziewczynynapolitechniki.pl/pdfy/raport-kobiety-na-politechnikach-2022.pdf (dostęp: 22.08.2023).
- [www14] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230602-1> (dostęp: 9.06.2023).
- [www15] <https://systell.pl/slownik-pojec/modelowanie-procesow-biznesowych/> (dostęp: 11.12.2023).

Zastosowanie uczenia maszynowego i rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu

Wprowadzenie

Rosnąca populacja wraz z rozwijającą się gospodarką generują coraz więcej odpadów, co ma istotne konsekwencje dla otoczenia. Wzrost ilości odpadów prowadzi do zanieczyszczenia środowiska, co wpływa na życie naturalne, powoduje degradację ekosystemów i niszczenie różnorodności biologicznej. Ponadto odpady te stanowią realne zagrożenie dla zdrowia ludzi, szczególnie w kontekście emisji toksycznych substancji do powietrza i wód gruntowych. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w rankingach i związanych z tym wskaźnikach oceny smart city, np. Cities in Motion Index (CIMI) ma kryterium środowiskowe (jest to jeden z siedmiu badanych obszarów), w ramach którego oceniane jest gospodarowanie odpadami [Berrone i in., 2020], a Smart City Index składa się z 15 wskaźników, wśród których jest recykling [Bris i in., 2020]. Mimo stałego wzrostu wskaźnika recyklingu na świecie [Fang i in., 2023, s. 1], prognozy wskazują, że ilość odpadów będzie nadal rosnąć. Stanowi to istotne wyzwanie, szczególnie pod względem kosztów związanych z procesem segregacji materiałów nadających się do recyklingu [Özdemir i in., 2021, s. 1].

W literaturze są opisywane próby użycia metod uczenia maszynowego w procesie recyklingu [Özdemir i in., 2021; Fang i in., 2023]. Ważnym etapem tego procesu jest sortowanie odpadów, w którym rozpoznawanie obrazów może odegrać istotną rolę. Analizując proces recyklingu w firmie, zidentyfikowano problem związany z występowaniem błędnego zaklasyfikowania odpadów. Stało się to przesłanką do rozpoczęcia badania literatury w celu poszukania stosowanych rozwiązań. Wstępna analiza literatury pozwoliła stwierdzić, że jest to aktualny i istotny temat, mający duży potencjał użyteczny. W związku z tym sformułowano następujące pytanie badawcze: do jakich zadań i czynności związanych z recyklingiem (w tym w szczególności segregacji odpadów) są prowadzone badania nad zastosowaniem metod uczenia maszynowego lub rozpoznawania obrazów?

Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie wyników przeprowadzonego badania dotyczącego identyfikacji studiów przypadków zastosowania metod uczenia maszynowego i rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu. W kolejnych dwóch punktach syntetycznie omówiono proces recyklingu oraz metody uczenia maszynowego i rozpoznawania obrazów. Następnie opisano zastosowaną procedurę badawczą, aby w kolejnych dwóch punktach zaprezentować wyniki przeprowadzonego badania. Rozdział zakończono wnioskami.

6.1. Proces recyklingu

Recykling stanowi procedurę, w której odpady ulegają przekształceniu w nowe surowce i produkty, stanowiąc efektywną alternatywę dla tradycyjnych metod usuwania odpadów, takich jak składowanie i spalanie. Proces recyklingu obejmuje następujące fazy [Nizamuddin, Boom, Giustozzi, 2021, s. 6-8]:

1. Collection – inicjowana jest procedura gromadzenia odpadów z różnych źródeł, w tym domów, przedsiębiorstw oraz specjalnie wyznaczonych punktów.
2. Sorting – odpady są kategoryzowane według ich rodzaju, takich jak szkło, plastik czy metal, w celu przygotowania ich do dalszych procesów przetwarzania.
3. Shredding – odpady są rozdrabniane na mniejsze fragmenty, co zmniejsza ich objętość i ułatwia dalszy proces przetwarzania.
4. Washing – otrzymany materiał jest poddawany procesom oczyszczania, eliminując wszelkie zanieczyszczenia oraz przygotowując je do ponownego wykorzystania.
5. Extrusion – następuje wytłaczanie materiału przez specjalnie zaprojektowane matryce, tworząc profile lub kształty o określonych wymiarach.
6. Fabrication – generowanie nowych produktów z odzyskanych surowców, np. plastik pochodzący z recyklingu może posłużyć do wytwarzania nowych plastikowych opakowań.

Wyróżnione etapy w procesie recyklingu ilustrują przemianę odpadów w odnawialne produkty. Proces ten jest kluczowy w kontekście zrównoważonego zarządzania zasobami oraz ochrony środowiska.

Praktyki związane z gospodarką odpadami i ich ponownym wykorzystaniem były stosowane od wielu wieków. Jednak to dopiero XIX wiek oraz rewolucja przemysłowa przyczyniły się do znacznego przyspieszenia i rozwinięcia procesów związanych z recyklingiem w Europie. W Stanach Zjednoczonych recykling stał się bardziej powszechny podczas II wojny światowej, kiedy materiały, takie jak metal czy guma, stały się deficytowe, co skłoniło do poszukiwa-

nia alternatywnych źródeł surowców [Denton, Weber, 2022, s. 855-856]. Obecnie recykling jest nieodłącznym elementem strategii wielu krajów na całym świecie, odgrywając kluczową rolę w zmniejszeniu ilości odpadów, w oszczędności surowców czy ochronie środowiska [Abood, Al-Talib, 2023, s. 50]. Recykling przyczynia się do oszczędzania cennych materiałów oraz wpisuje się w działania zmierzające do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych [Ghosh, Bhola, Sivarajah, 2022, s. 10].

6.2. Uczenie maszynowe i rozpoznawanie obrazów

Przez całą historię istnienia ludzkości człowiek korzystał z różnorodnych narzędzi, aby zwiększyć efektywność wykonywanych zadań. Współczesne maszyny i technologie, w tym te oparte na uczeniu maszynowym i sztucznej inteligencji, kontynuują tę tradycję usprawniania realizacji czynności [Mahesh, 2020, s. 381].

Według Arthura Samuela uczenie maszynowe to obszar dający komputerom możliwości uczenia się bez konieczności ich jawnego programowania [Aurelien, 2017, s. 4]. W ostatnim dziesięcioleciu można zauważyć istotny rozwój zaawansowanych algorytmów uczenia maszynowego oraz technik przetwarzania danych wejściowych [Janiesch, Zschech, Heinrich, 2021, s. 686]. Ich innowacyjne zdolności opierają się na modelach analitycznych, które generują przewidywania, reguły lub odpowiedzi.

W ramach uczenia maszynowego można wyróżnić różne kategorie algorytmów, z których każda ma swoje unikalne cechy i potencjalne zastosowania. Oferują one rozmaite podejścia i techniki do rozwiązywania wielorakich problemów. Niektóre z tych algorytmów skupiają się na przewidywaniu trendów i wzorców (jak modele regresji), inne opierają się na strukturze drzew (jak drzewa decyzyjne), a jeszcze inne na metodach probabilistycznych (jak metody bayesowskie) [Aurelien, 2017, s. 9]. Wśród nich można wyróżnić również sieci neuronowe, które umożliwiły rozwój systemów o zdolnościach poznawczych zbliżonych do ludzkich, wspomagając podejmowanie decyzji [Janiesch, Zschech, Heinrich, 2021, s. 685].

Widzenie komputerowe, czyli interpretacja obrazów przez maszynę, stanowi jeden z obszarów rozwoju i zastosowania metod uczenia maszynowego. Potencjał ten został zauważony i wykorzystany w różnych dziedzinach, takich jak przemysł, ochrona zdrowia [Özdemir i in., 2021, s. 1-2] czy recykling, gdzie algorytmy uczenia maszynowego przyczyniają się do optymalizacji procesów i zwiększenia efektywności działań [Abood, Al-Talib, 2023, s. 53-54]. W ob-

szarze rozpoznawania obrazów widzenie komputerowe opiera się na złożonych modelach głębokich sieci neuronowych, które umożliwiają skuteczną analizę i interpretację skomplikowanych wzorców i cech obrazów [Lakshmanan, Görner, Gillard, 2021, s. 5]. Jednym z najskuteczniejszych rodzajów tych modeli są konwolucyjne sieci neuronowe, które zostały specjalnie zaprojektowane do rozpoznawania wzorców w danych wizualnych [Lakshmanan, Görner, Gillard, 2021, s. 67]. Wykorzystują warstwy konwolucyjne do wyodrębniania istotnych cech z obrazów oraz warstwy poolingowe do redukcji wymiarowości danych, dzięki czemu są one zdolne do skutecznej klasyfikacji obiektów na obrazach [Lakshmanan, Görner, Gillard, 2021, s. 73].

6.3. Założenia realizacji badania

Przeprowadzone badanie miało na celu identyfikację prowadzonych badań dotyczących zastosowania i praktycznego użycia metod uczenia maszynowego lub rozpoznawania obrazów w recyklingu. Wykorzystano następujące metody: przegląd literatury wraz z techniką śnieżnej kuli. Takie połączenie metod miało pozwolić na pozyskanie istotnych publikacji, eliminując artykuły, w których tylko wskazano, że potencjalnie można by użyć metody uczenia maszynowego w recyklingu.

Zastosowano następującą procedurę badawczą:

1. Identyfikacja słów kluczowych do sformułowanego pytania badawczego.
W celu precyzyjnego określenia zakresu badania oraz umożliwienia skutecznego wyszukiwania i analizy źródeł informacji określono główne pojęcia związane z pytaniem badawczym. Sformulowano następujące kombinacje słów kluczowych:
 - image recognition and recycling,
 - machine learning and waste classification,
 - image recognition and machine learning and recycling,
 - classification and machine learning and recycling,
 - recycling process and machine learning.
2. Wybór bazy danych lub wyszukiwarki.
W celu przeprowadzenia badania literaturowego oraz identyfikacji odpowiednich źródeł wykorzystano bazę Scopus oraz Google Scholar. Bazę Scopus wykorzystano do wstępnej analizy literatury, aby zobaczyć, czy zastosowanie metod uczenia maszynowego w recyklingu jest istotnym i aktualnym problemem badawczym. Google Scholar użyto do zastosowania wyszukiwa-

nia według zdefiniowanych słów kluczowych, ponieważ pozwala uzyskać informację o różnorodnych publikacjach i raportach, w tym tzw. publikacji szarej.

3. Sformułowanie kryterium wyboru lub odrzucenia artykułów do dalszej analizy. Kryteria wyboru publikacji do pogłębionej analizy:

- zdefiniowana kombinacja słów jest wyszukiwana jako cała fraza lub połączenie wyrazów w nim występujących,
- zdefiniowana kombinacja słów musi występować w tytule lub abstrakcie publikacji,
- odrzucone zostały wszystkie publikacje opublikowane przed 2018 rokiem (okres wyszukiwania od 2018 do 2024, ponieważ są już dostępne artykuły z rokiem publikacji 2024),
- analizowane były tylko publikacje w języku angielskim.

Natomiast kryteria wykluczenia publikacji do pogłębionej analizy są następujące:

- publikacje zawierające użycie metod uczenia maszynowego lub rozpoznawania obrazów w innych obszarach, a tylko ogólnie wspomniano o recyklingu,
- badania, które nie opisują zastosowania metod uczenia maszynowego w recyklingu, tylko wskazują na taką możliwość,
- niekompletne artykuły, takie jak tylko streszczenia lub rozszerzone streszczenia,
- artykuły z mniej niż czterema stronami, opublikowane jako tzw. ShortPaper,
- po przeszukaniu wykluczono również niejednoznaczne lub nieistotne artykuły dla prowadzonego badania.

4. Automatyczne wyszukiwanie literatury według sformułowanych kombinacji słów kluczowych z użyciem bazy Scopus oraz wyszukiwarki Google Scholar. W celu efektywnego przeszukania dostępnych źródeł informacji, skorzystano z narzędzi i funkcji dostępnych w bazie Scopus oraz na platformie Google Scholar.

5. Przegląd pozyskanych pozycji literatury, stosując opracowane kryteria.

W wyniku zastosowania procesu automatycznego wyszukiwania literatury pozyskano pozycje literaturowe, które zostały poddane szczegółowemu przeglądowi. W tym etapie zastosowano wcześniej ustalone kryteria włączenia lub wykluczenia, które pozwoliły na selekcję źródeł informacji istotnych i związanych z pytaniem badawczym.

6. Analiza pozyskanej literatury ze względu na sformułowane pytanie badawcze. Każda publikacja została dokładnie przeanalizowana w kontekście sformułowanego pytania badawczego, co pozwoliło na identyfikację studiów przypadków opisujących zastosowanie metod uczenia maszynowego oraz rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu.

7. Pozyskanie literatury ze względu na zastosowanie techniki śnieżnej kuli.

W trakcie badania literaturowego zidentyfikowano trzy artykuły, które były przeglądami literatury na temat badanego zagadnienia, a są to prace autorstwa Özdemir i in. (2021), Abood i Al-Taliba (2023) oraz Fang i in. (2023). Wykorzystując metodę śnieżnej kuli, przeprowadzono dalsze badanie opierając się na odnośnikach i cytowaniach zawartych w tych trzech artykułach. Pozwoliło to na pozyskanie dodatkowych źródeł literatury, które mogą być istotne w kontekście prowadzonego badania.

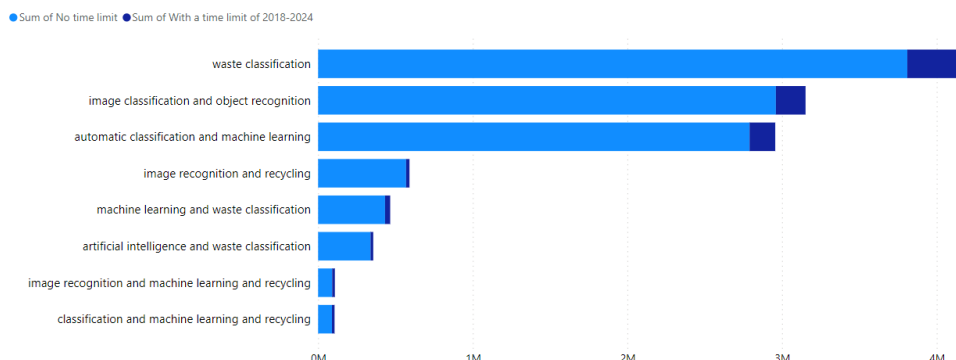
8. Sformułowanie wniosków.

6.4. Analiza ilościowa publikacji na podstawie danych z Google Scholar oraz Scopus

Zastosowano automatyczne wyszukiwanie literatury według sformułowanych kombinacji słów kluczowych w wyszukiwarce Google Scholar oraz bazie Scopus.

Na rys. 1 przedstawiono wyniki wyszukiwania literatury w bazie Google Scholar z użyciem różnych kombinacji słów kluczowych. Wynika z niego, że zagadnienia, takie jak: waste classification, image classification and object recognition oraz automatic classification and machine learning są szeroko opisywane w literaturze. Natomiast można też zauważyć stosunkowo niewiele publikacji dotyczących zastosowania metod uczenia maszynowego i metod rozpoznawania obrazów w recyklingu, czy też w klasyfikacji odpadów.

W tabeli 1 oraz na rys. 2 zaprezentowano wyniki wyszukiwania literatury w bazie Scopus, przyjmując datę końcową publikacji 2023. Założenie to wynika z faktu, że w trakcie przeprowadzenia badania nie wszystkie publikacje z rokiem wydania 2024 zostały zaindeksowane w bazie. Uwzględniając tylko część publikacji z 2024 roku, można by zafałszować konkluzję z tego badania, tj. że mamy tendencję malejącą.



Rys. 1. Zestawienie ilościowe wyszukiwania pozycji literatury ze względu na różne kombinacje słów kluczowych w Google Scholar

W tabeli 1 i na rys. 2 poszczególne litery oznaczają następującą kombinację słów kluczowych:

A – machine learning and waste classification,

B – image recognition and recycling,

C – recycling process and machine learning,

D – classification and machine learning and recycling,

E – image recognition and machine learning and recycling.

Tabela 1. Zestawienie liczbowe publikacji dla różnych kombinacji słów kluczowych w wyszukiwaniu w Scopus

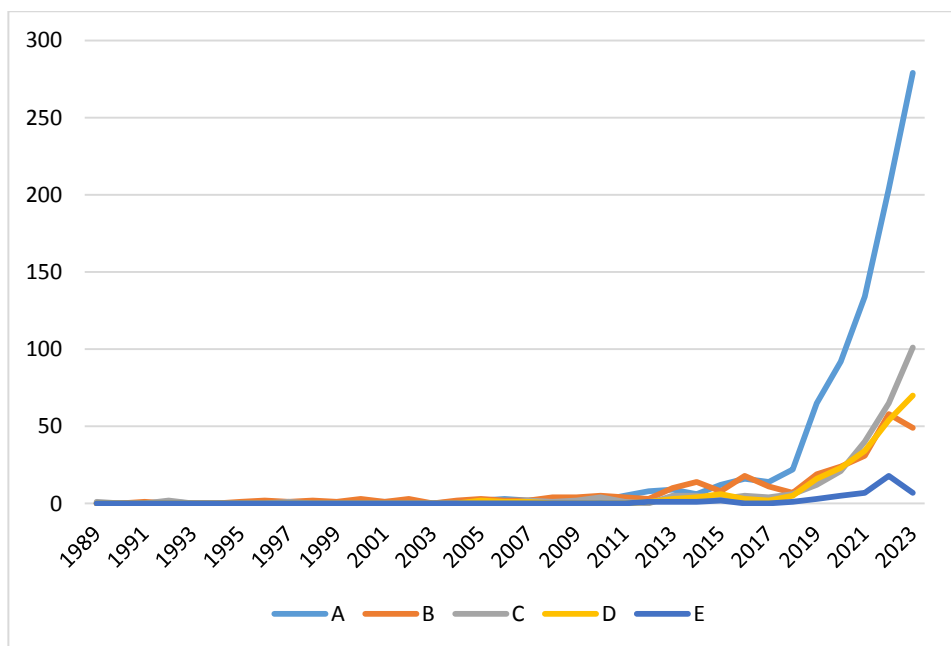
	A	B	C	D	E
1989	0	0	1	0	0
1990	0	0	0	0	0
1991	0	1	0	0	0
1992	1	0	2	0	0
1993	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0
1995	0	1	0	0	0
1996	0	2	0	0	0
1997	1	1	1	0	0
1998	0	2	0	0	0
1999	0	1	0	0	0
2000	1	3	0	0	0
2001	1	1	0	0	0
2002	1	3	0	0	0
2003	0	0	0	0	0
2004	1	2	0	0	0
2005	2	3	0	2	0
2006	3	2	0	1	0
2007	2	2	2	1	0

cd. tabeli 1

	A	B	C	D	E
2008	3	4	1	0	0
2009	0	4	2	0	0
2010	2	5	4	0	0
2011	5	4	1	0	0
2012	8	3	0	1	1
2013	9	10	5	3	1
2014	6	14	5	4	1
2015	12	8	3	6	2
2016	16	18	5	3	0
2017	14	11	4	2	0
2018	22	7	6	5	1
2019	65	19	12	16	3
2020	92	24	21	23	5
2021	134	31	40	34	7
2022	204	57	65	54	18
2023	279	49	101	70	7
Total	884	242	281	225	46

- W tabeli 1 zastosowano wypełnienie kolorami komórki tabeli, aby pokazać:
- opublikowanie pierwszej publikacji ze względu na przyjęte kryterium wyszukiwania (kolor żółty),
 - brak publikacji w danym roku ze względu na przyjęte kryterium wyszukiwania (kolor szary),
 - mniej niż 10 publikacji w danym roku ze względu na przyjęte kryterium wyszukiwania (kolor niebieski),
 - więcej niż 10 publikacji w danym roku ze względu na przyjęte kryterium wyszukiwania (kolor zielony).

Z zestawienia w tabeli 1 wynika, że mimo pojawienia się pierwszej publikacji na dany temat, to w kolejnych latach można zauważyć albo brak zaindeksowanych publikacji w bazie Scopus, albo ich niewielką liczbę (mniej niż dziesięć). Zagadnienie związane z użyciem uczenia maszynowego w kontekście rozpoznawania obrazów w recyklingu jest obszarem, w którym pierwsza publikacja ukazała się dopiero w 2012 roku, a do 2021 roku opublikowano ich niewiele (albo mamy brak w danym roku kalendarzowym, albo jest ich tylko kilka). Jak wynika z danych zawartych w tabeli, w przypadku dwóch wyszukiwań B (tj. rozpoznawanie i recykling obrazów) oraz E (tj. rozpoznawanie obrazów oraz uczenie maszynowe i recykling) w 2023 roku pojawiło się mniej publikacji niż w roku poprzednim. Poszukiwania w bazie Scopus przeprowadzono w I kwartale 2024 roku, zatem nie wszystkie publikacje z 2023 roku mogły być już zaindeksowane w tej bazie.



Rys. 2. Zestawienie ilościowe wyszukiwania pozycji literatury ze względu na różne kombinacje słów kluczowych w Scopus

Na rys. 2 można zauważyć, że do 2018 roku publikacji jest stosunkowo niewiele ze względu na każde zastosowane kryterium wyszukiwania w bazie Scopus. Natomiast od 2019 roku widać znaczący wzrost w stosunku do poprzedniego okresu. Tylko ilościowa analiza literatury wskazała na aktualność zagadnienia związanego z zastosowaniem uczenia maszynowego oraz rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu, ale również że występuje w tym obszarze luka badawcza, świadcząca o braku rozwiązań. Stało się to przesłanką do pogłębionej analizy pozyskanych publikacji po zastosowaniu kryteriów wyboru i wykluczenia.

6.5. Studia przypadków użycia metod uczenia maszynowego oraz rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu

Analiza literatury wskazuje, że uczenie maszynowe i wizja komputerowa wykorzystywane są w recyklingu do automatyzacji: identyfikacji i sortowania odpadów [Ho, Cao, 2020; Strollo i in., 2020; Guo i in., 2021; Menaka, Gayathri, 2023; Tsagarakis, Antonaras, Maniadakis, 2023; Yang i in., 2023] oraz klasyfi-

kacji i sortowania odpadów [Alonso i in., 2021; Bobulski, Kubanek, 2023; Pattanashetty i in., 2023; Seddini, Triqui-Sari, 2023]. Przyczynia się do poprawy efektywności całego procesu [Bobulski, Kubanek, 2023; Pattanashetty i in., 2023; Tsagarakis i in., 2023]. Brakuje jednak opisu szerszych badań nad zastosowaniem uczenia maszynowego i widzenia komputerowego poza zagadnieniami klasyfikacji i sortowania odpadów, na co również wskazuje się w literaturze [Ni, Xiao, Lim, 2021]. W tej części zostaną omówione wybrane przykłady praktycznego zastosowania metod uczenia maszynowego i widzenia komputerowego w recyklingu.

Jednym z obszarów związanych z recyklingiem, w którym można zaobserwować prowadzone badania mające implikacje w praktyce, jest segregacja odpadów. Przykładem jest implementacja inteligentnych systemów monitorowania pojemników na odpady. Konwencjonalne pojemniki pełnią jedynie funkcję gromadzenia odpadów, co wymaga rutynowych kontroli przez pracowników gospodarki odpadami, którzy zobowiązani są ocenić ich poziom zapełnienia ręcznie. Taka procedura okazuje się niezwykle mało efektywna. Co więcej, częste przepełnianie pojemników sprzyja rozwojowi niepożądanych mikroorganizmów, owadów oraz szczurów. Z tego powodu inteligentne pojemniki na odpady mogą znacząco przyczynić się do optymalizacji tras i częstotliwości ich odbioru przez specjalne pojazdy [Dev i in., 2016, s. 154; Fang i in., 2023, s. 3]. Systemy te są także w stanie monitorować ich wypełnienie oraz za pomocą specjalnych czujników wykrywać potencjalnie niebezpieczne substancje. Dodatkowo mogą reagować na wybuch pożaru wewnątrz nich lub neutralizować nieprzyjemne zapachy wynikające z procesu rozkładu odpadów [Fang i in., 2023, s. 7]. Ich implementacja przyczynia się do znaczącej poprawy efektywności i bezpieczeństwa procesu gospodarki odpadami, a zebrane dane mogą być dalej przekazywane do innych węzłów komunikacyjnych w celu dalszej analizy.

Algorytmy uczenia maszynowego mogą stanowić istotny komponent efektywnego zarządzania procesami związanymi z przetwarzaniem odpadów, szczególnie w kontekście działań związanych z operacjami sortowania. Ich kluczową zdolnością jest umożliwienie szybkiej i precyzyjnej klasyfikacji odpadów według ich typu, co znacząco przewyższa ludzkie możliwości w tym zakresie. W obszarze uczenia maszynowego stosuje się różnorodne algorytmy, takie jak maszyny wektorów nośnych, drzewa decyzyjne oraz algorytm k-NN [Özdemir i in., 2021, s. 1; Shi i in., 2021, s. 3]. Prowadzone są badania nad zastosowaniem różnych metod uczenia maszynowego do segregacji odpadów. Zaobserwowano, że zastosowanie konwolucyjnej sieci neuronowej (CNN) przyniosło najwyższy poziom dokładności, tzn. przekraczający 90% skuteczności w porównaniu do wydajności modeli wykorzystujących modele drzew decyzyjnych, lasów losowych oraz maszyny wektorów nośnych [Abood, Al-Talib, 2023, s. 53].

Prowadzone są również badania związane z użyciem widzenia komputerowego, mające na celu zwiększenie efektywności robotów zajmujących się sortowaniem odpadów. Jedną z takich technologii jest system samurAI opracowany przez firmę Machinex, który został zaprezentowany na konferencji Waste Expo w Las Vegas na początku 2020 roku [Ahmed, Asadullah, 2020, s. 6]. Dzięki wykorzystaniu algorytmów uczenia maszynowego samurAI jest w stanie identyfikować obiekty na poruszającej się taśmie oraz za pomocą ssącego ramienia i dokładnie je klasyfikować do odpowiednich kontenerów. Umożliwia to wykrywanie przedmiotów nadających się do recyklingu, takich jak plastikowe pojemniki czy butelki. Pozwala to na obniżenie kosztów operacyjnych oraz znacząco zwiększa ogólną produktywność. Przykładem firmy wykorzystującej technologię samurAI jest firma recyklingowa z Illinois Lockshore Recycling System, która dzięki zrobotyzowaniu oszczędza od 120 000 do 130 000 dolarów rocznie [Ahmed, Asadullah, 2020, s. 6].

Wprowadzenie sztucznej inteligencji do zarządzania gospodarką odpadami uwzględnia również optymalizację tras przewozu śmieci przez ciężarówki [Bihun, Lytvyn, 2022, s. 24; Abood, Al-Talib, 2023, s. 52]. Dzięki wykorzystaniu metod uczenia maszynowego w logistyce odpadów możliwe jest skrócenie dystansu przewozu nawet o 36,8%, co przekłada się na oszczędności finansowe wynoszące nawet 13,35% [Fang i in., 2023, s. 1].

Kolejnym interesującym aspektem zastosowania metod uczenia maszynowego jest opracowanie systemu dedykowanego wykrywaniu nielegalnych składowisk odpadów. Ta problematyka jest znacząca z uwagi na generowanie skomplikowanych problemów społecznych, jak i potencjalne zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i ekosystemu [Shahab, Anjum, 2022, s. 13-14]. Przykładowo zainstalowany w Korei Południowej system koncentrujący się na wyszukiwaniu nielegalnych składowisk odpadów wykorzystuje model konwolucyjnej sieci neuronowej do identyfikacji i lokalizacji nielegalnych wysypisk, którego skuteczność wynosi aż 93% [Fang i in., 2023, s. 14].

Również istotnym obszarem badawczym są prace związane z zastosowaniem uczenia maszynowego w wytwarzaniu produktów z odpadów. Jednym z nich jest wytwarzanie energii elektrycznej z biogazu, które jest uważane za jedną z najbardziej energooszczędnych i ekologicznie korzystnych technologii produkcji bioenergii. Aby zmaksymalizować produkcję biogazu, wykorzystuje się modele uczenia maszynowego do analizy i identyfikacji kluczowych zmiennych, które znacząco wpływają na produkcję metanu [Fang i in., 2023, s. 11; Sappl, Harders, Rauch, 2023, s. 2].

Wnioski

Przeprowadzona analiza publikacji dotycząca użycia metod maszynowego uczenia oraz rozpoznawania obrazów w procesie recyklingu wskazuje, że może to przynieść korzyści ekonomiczne (zwiększenie efektywności przetwarzania odpadów) oraz społeczne (zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko). Dotychczasowe opisane badania wskazują, że wdrożenie rozwiązań zawierających zaawansowane modele przetwarzania oraz innowacyjne technologie mogą mieć wpływ na efektywniejsze przetwarzanie odpadów, minimalizację ilości odpadów trafiających na wysypiska, redukcję negatywnego wpływu na środowisko oraz promowanie świadomej gospodarki odpadami.

Natomiast zidentyfikowano lukę badawczą, która wskazuje na dwa kluczowe problemy badawcze związane z procesem recyklingu. Pierwszym z nich jest szukanie najbardziej adekwatnych metod i algorytmów uczenia maszynowego do segregacji obrazów. Należy jednak zaznaczyć, że to przede wszystkim zaawansowane modele (w szczególności sztuczne sieci neuronowe) umożliwiają systemom informatycznym adaptację i rozwijanie swoich zdolności poprzez analizę gromadzonych danych. Ten aspekt jest kluczowy dla osiągnięcia precyzyjnego sortowania odpadów ze względu na ich rodzaj.

Drugim obszarem badawczym jest wykorzystanie widzenia komputerowego poprzez klasyfikację obrazów przez maszynę. Proces ten koncentruje się na opracowywaniu nowych strategii umożliwiających precyzyjną i efektywną klasyfikację różnych typów odpadów w czasie rzeczywistym. Ponadto konieczne jest opracowanie skutecznych metod identyfikacji i klasyfikacji różnorodnych typów odpadów, nawet w warunkach zmiennego oświetlenia oraz zróżnicowanej struktury otoczenia.

Literatura

- Abood I.N., Al-Talib G.A.A. (2023), *Waste Classification Using Artificial Intelligence Techniques: Literature Review*, „Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology”, Vol. 5, s. 49-59.
- Ahmed A.A., Asadullah A. (2020), *Artificial Intelligence and Machine Learning in Waste Management and Recycling*, „Engineering International”, Vol. 8(1), s. 43-52.
- Alonso S.L.N., Forradellas R.F.R., Morell O.P., Jorge-Vazquez J. (2021), *Digitalization, Circular Economy and Environmental Sustainability: The Application of Artificial Intelligence in the Efficient Self-Management of Waste*, „Sustainability (Switzerland)”, Vol. 13(4), s. 1-20.

- Berrone P., Ricart J., Carrasco C., Giuliadori D., Giuliadori M. (2020), *IESE Cities in Motion Index*, IESE Business School, University of Navarra.
- Bihun R., Lytvyn V. (2022), *Optimization of Garbage Removal within a Territorial Community*, „Eastern-European Journal of Enterprise Technologies”, Vol. 1(3), s. 24-30.
- Bobulski J., Kubanek M. (2023), *The Use of Artificial Intelligence for Automatic Waste Segregation in the Garbage Recycling Process*, „Computer Science Research Notes”, Vol. 31(1-2), s. 389-392.
- Bris A., Cabolis C., Lanvin B., Caballero J., Hediger M., Jobin C., Milner W., Pistis M., Zargari M. (2020), *Smart City Index*, The IMD World Competitiveness Center.
- Denton C., Weber H. (2022), *Rethinking Waste within Business History: A Transnational Perspective on Waste Recycling in World War II*, „Business History”, Vol. 64(5), s. 855-881.
- Dev A., Jasrotia M., Nadaf M., Shah R. (2016), *IoT Based Smart Garbage Detection System*, „International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)”, Vol. 3(12), s. 153-155.
- Fang B., Yu J., Chen Z., Osman A.I., Farghali M., Ihara I., Hamza E., Rooney D., Yap P.S., (2023), *Artificial Intelligence for Waste Management in Smart Cities: A Review*, „Environmental Chemistry Letters”, Vol. 21(4), s. 1959-1989.
- Géron A. (2017), *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow*, O'Reilly Media.
- Ghosh A., Bhola P., Sivarajah U. (2022), *Emerging Associates of the Circular Economy: Analysing Interactions and Trends by a Mixed Methods Systematic Review*, „Sustainability”, Vol. 14(16), s. 1-41.
- Guo H.-N., Wu S.-B., Tian Y.-J., Zhang J., Liu H.-T. (2021), *Application of Machine Learning Methods for the Prediction of Organic Solid Waste Treatment and Recycling Processes: A Review*, „Bioresource Technology”, Vol. 319.
- Ho S.C., Cao J. (2020), *Feasibility Study of Visual Computing and Machine Learning Application for Textile Material Sorting* [w:] D. Mir Sayed Shah, S. Tomonobu Shah (eds.), *Eco-Friendly Energy Processes and Technologies for Achieving Sustainable Development*, IGI Global, s. 243-267.
- Janiesch C., Zschech P., Heinrich K. (2021), *Machine Learning and Deep Learning*, „Electronic Markets”, Vol. 31(3), s. 685-695.
- Lakshmanan V., Görner M., Gillard R. (2021), *Practical Machine Learning for Computer Vision*, O'Reilly Media.
- Mahesh B. (2020), *Machine Learning Algorithms – A Review*, „International Journal of Science and Research (IJSR)”, Vol. 9(1), s. 381-386.
- Menaka S., Gayathri A. (2023), *To Improving the Performance of Identification and Segregation of Liquid and Solid from Municipal Waste Using Adam Optimization Algorithm* [w:] International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems, ICSSAS 2023 – Proceedings, s. 1515-1520.

- Ni D., Xiao Z., Lim M.K. (2021), *Machine Learning in Recycling Business: An Investigation of its Practicality, Benefits and Future Trends*, „Soft Computing”, Vol. 25(12), s. 7907-7927.
- Nizamuddin S., Boom Y.J., Giustozzi F. (2021), *Sustainable Polymers from Recycled Waste Plastics and their Virgin Counterparts as Bitumen Modifiers: A Comprehensive Review*, „Polymers”, Vol. 13(19), s. 1-51.
- Özdemir E.M., Ali Z., Subeshan B., Asmatulu E. (2021), *Applying Machine Learning Approach in Recycling*, „Journal of Material Cycles and Waste Management”, Vol. 23, s. 855-871.
- Pattanashetty V., Bhudhihal S., Shamshuddin K., Kore S., Hiremath S. (2023), *Cumulative Neural Network Classification and Recognition Technique for Detecting and Tracking of Small-Size Garbage Materials*, „Lecture Notes in Networks and Systems”, Vol. 400, s. 135-144.
- Sappl J., Harders M., Rauch W. (2023), *Machine Learning for Quantile Regression of Biogas Production Rates in Anaerobic Digesters*, „Science of The Total Environment”, Vol. 872.
- Seddini M.O., Triqui-Sari L. (2023), *Computer Vision Techniques for Intelligent Detection and Classification of Waste Sorting* [w:] 2023 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications, DASA 2023, s. 681-685.
- Shahab S., Anjum M. (2022), *Solid Waste Management Scenario in India and Illegal Dump Detection Using Deep Learning: An AI Approach Towards the Sustainable Waste Management*, „Sustainability”, Vol. 14(23), s. 1-28.
- Shi C., Tan C., Wang T., Wang L. (2021), *A Waste Classification Method Based on a Multilayer Hybrid Convolution Neural Network*, „Applied Sciences”, Vol. 11, nr 18, s. 1-19. DOI: 0.3390/app11188572.
- Strollo E., Sansonetti G., Mayer M.C., Limongelli C., Micarelli A. (2020), *An AI-Based Approach to Automatic Waste Sorting*, „Communications in Computer and Information Science”, Vol. 1224, s. 662-669.
- Tsagarakis N., Antonaras A., Maniadakis M. (2023), *Synthetic Data Generation Based on Grid Deformation for Waste Recycling Applications* [w:] 2023 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST).
- Yang J., Xu Y.-P., Chen P., Liu D., Chu X.-L. (2023), *Combining Spectroscopy and Machine Learning for Rapid Identification of Plastic Waste: Recent Developments and Future Prospects*, „Journal of Cleaner Production”, Vol. 431.

Different aspects of using artificial intelligence in organizations – challenges, benefits and good practices

Introduction

The impact of digital transformation on business process management is becoming increasingly visible and important [O’Leary, 2009, p. 45-66]. An example is the use of artificial intelligence (AI) in organizational and management processes – as a supporting tool [Khider et al., 2023, p. 651-659]. Digital transformation currently affects all areas of enterprise functioning, from decision-making to functional tasks and process automation. Machine learning can become a strategic pillar that will improve the lives of employees and customers of the organization [Beheshti et al., 2023, p. 731-739]. The emergence of artificial intelligence can allow organizations to understand and practically use the huge amount of available (but often incomprehensible, useless) data [Truong, Nguyen-Duc, Van, 2023, p. 377-399]. AI technology is mainly used in BPM through: process mapping, increasing process flexibility, analyzing data patterns, automating repetitive tasks.

BPM makes it possible for various companies to analyze their key business processes, identify bottlenecks and resource utilization, as well as develop proper improvements afterwards. The effective implementation of artificial intelligence poses quite a remarkable challenge for entrepreneurs operating on both small and global scale. AI solutions have to be developed cautiously, responsibly, and in compliance with key ethical principles, mainly when it comes to legal standards, but also – with regard processes implemented by basing on the discussed technological solution [Ardiansyah, Fardana, Yaqin, 2021, p. 69-82; Dumas et al., 2022, p. 2-3; Blaurock, Büttgen, Schepers, 2024, p. 1-19]. A manager oriented towards making effective decisions has to analyze the structure of the organization in an in-depth manner. He or she also has to comprehensively consider all sources of data affecting the operation of a particular enterprise.

When it comes to the aforementioned area, the achievement of the desired effectiveness of AI can turn out to be highly useful with regard to forecasting future trends or results based on data analysis, incorporating both historical and up-to-date pieces of information. Such an approach makes it possible for organizations to better understand and predict trends, patterns and outcomes. In turn, it makes it possible to implement more effective planning, decision-making, and development-oriented strategies.

In this context, it is important to present the results of the analysis of the impact of digital transformation on business process management using artificial intelligence – which is the purpose of this chapter.

7.1. Literature review

Artificial intelligence, according to the definition provided by the European Commission, is „the ability of machines to demonstrate human skills, such as reasoning, learning, planning and creativity” [European Parliament, 2020]. Artificial intelligence also enables technical systems to perceive their environment, cope with what they perceive and solve problems, acting towards a specific goal. The computer receives data (already prepared or collected using its sensors, e.g. a camera), processes it and reacts. AI systems are able to adapt their behavior to a certain extent, analyzing the effects of previous actions and acting autonomously [European Parliament, 2020]. According to another definition, AI is a field of knowledge covering, among others, neural networks, robotics and the creation of models of intelligent behavior and computer programs simulating this behavior, including machine learning or deep learning. It is the ability of a computer system to imitate human cognitive functions, such as learning and solving problems [Microsoft, Azure, 2024].

The constantly increasing availability of business process execution-specific data, combined with steadily improving artificial intelligence (AI), have paved the path for the development of IT systems, in the case of which execution flows are not predetermined, adaptations do not require far-reaching changes to be introduced to applications, as well as improvement opportunities are autonomously detected, verified, and activated in an immediate and swift manner. Said systems are called AI-Augmented Business Process Management Systems (ABPMS). To put it in a straightforward manner, ABPMS is a process-aware information system that relies on trusted artificial intelligence technology to process and utilize data. It is characterized by a set of constraints, allowing the system to continuously adapt and improve a set of business processes basing on a singular or on a multitude of performance-specific indicators.

AI-Augmented Business Process Management Systems (ABPMS) are the class of process-aware IT systems powered by trusted artificial intelligence-oriented technology. ABPMS makes it possible to improve the execution of business processes in order to make them more flexible, proactive, explainable, as well as context-sensitive [Dumas et al., 2022].

When it comes to the field of the so-called Industry 4.0, the development of smart manufacturing has given rise to a new generation of industrial systems characterized by notable levels of functionality, reliability, and resilience. Thanks to said fact, they are capable of meeting demands and requirements typical for high-quality engineering and maintenance services specified by system operators and end users. Basing on the assumptions of Industry 4.0, the next generation of engineering and maintenance-oriented services will be to a remarkable extent dependent on widely-understood artificial intelligence (AI) [De Sordi, 2022]. Engineering services and maintenance are absolute basics when it comes to operational management. They have a great impact on maximizing not only asset availability, productivity, and profitability, but also – its longevity.

While combined together, CMMS (Computerized Maintenance Management System) and AI are crucial when it comes to changing maintenance practices from reactive to proactive ones. AI-based predictive maintenance analyzes patterns in data sets collected by the CMMS, which in turn allows for predicting possible equipment failures before they factually occur. Thanks to opting for preventive maintenance, a given organization can prepare for potential issues or defects before they happen. Such an approach makes it possible to avoid costly downtime. The aforementioned technique reduces downtime and ensures business continuity, as numerous issues can be fixed before they take place. Predictive maintenance is sometimes treated as an enterprise's own crystal ball, giving insight into future failures or defects that may happen. Numerous problems of such nature may result not only in the loss of revenue, but also – in serious injuries. By taking advantage of an advanced CMMS system with integrated artificial intelligence capabilities, it is possible to analyze performance-specific data in real time in order to identify any and all unusual patterns or irregularities that may point to failures waiting to happen in the upcoming future.

Beyond predictions, there is automation. It is yet another advantage of combining the discussed technologies. While utilized in a proper manner, an artificial intelligence-based CMMS system can help automate routine tasks and increase work efficiency. When a specific issue is detected, the system can automatically generate a work order, assign it to the appropriate technician basing on his or her skills and availability, as well as arrange parts or tools required to solve the problem. Implementing said system makes it possible to take care of

maintenance coordination in a highly automated manner [Majidian Eidgahi et al., 2024].

When it comes to challenges that are strictly connected with implementing artificial intelligence in business process management, it has to be stated that they are almost identical to those occurring while attempting to implement any modern solution in an organization-specific environment. Developing and then introducing an effective process management model is a strategic decision that requires the party determined to do so to overcome a number of obstacles and issues. Similarly to any other innovation implementation-oriented project, the introduction of all amendments and projects aimed at improving efficiency, productivity, and quality is a process taking place in changing external and internal conditions.

One cannot neglect the fact that the adopted innovation strategy is a key part of the company's strategy. It is strongly correlated with innovative processes taking place both within such an organization and in the environment in which it operates. A specific, advanced innovation strategy makes it possible to identify regularities in the company's interactions with its economic environment. It also allows for taking appropriate actions aimed at implementing the company's development strategy. Experts consider various innovations as both one of the ways of achieving strategic goals (such as technological leadership, specific level of profit, sales boost) and a basic strategy-specific factor [Janasz et al., 2002]. It is worth mentioning that each and every company should have its own change-specific strategy that is highly individualized and that has been adapted to its work culture, rules, and procedures. The full involvement of top management is necessary in such a case. Its representatives should inform the staff about the level of advancement of the work and convince them to implement designed and developed transformations [Chatterjee, Ghosh, Chaudhuri, 2020]. When it comes to business practice, while attempting to manage changes, the management should predominantly focus on:

- popularizing the concept that the introduction of changes is paramount and convincing employees that the proposed amendments are highly profitable for all the parties involved,
- developing and popularizing a vision showcasing the future role of company's activities in the market,
- presenting benefits resulting from change implementation, both on the global scale and pertaining to individual employees,
- indicating the validity of changes to be introduced, while at the same time properly developing the amendment introduction process,
- change popularization by respected individuals,

- shaping the organizational mood to be oriented towards the correlation between colleague-specific relations, openness, making it possible to eliminate any and all fears or difficulties, as well as to solve emerging problems together,
- adopting the attitude of being an initiator and spokesman of changes opted for by the representatives of the management [Pałęga, Knapiński, Kulma, 2016].

It should be noted that the introduction of business-specific innovation management involves the introduction of various amendments to the personnel-specific policy. Said policy should be aimed at shaping intellectual capital and utilizing it to the greatest extent possible. Employee education, attitude, commitment, predispositions, and engagement are vital aspects when it comes to innovative activities. If one is determined and wants to create a truly innovative enterprise, one should initially focus on issues related to human resource management [Kryśkiewicz, 2018].

Aside from technology acquisition, the predominant goal of activities preceding the implementation of innovations should be the preparation of the organization for such technology introduction. The efficiency of said preparation directly affects the timeframe within which the company will be capable of generating initial measurable financial benefits resulting from the implementation of a specific innovation. It is safe to say that “the sooner the better” saying is applicable in the discussed scenario. The implementation of a particular technological solution in a company incorporates the following:

- implementation initiation (it pertains to all activities carried out during preceding stages, allowing for the acquisition of technology and preparation of appropriate documentation),
- implementation planning (appointing an implementation-specific team, planning organization, communication and scope of activities to be undertaken, preparing an implementation schedule, planning resource utilization, quality, and risk factors),
- initial implementation (infrastructure, human resources, material resources, financial resources),
- proper implementation (full harmonization of new solutions with the already existing ones),
- secondary implementation (modification of the prior implemented technology and processes),
- implementation finalization (standardization) [Frąś, 2013].

The aforementioned conditions are, as mentioned earlier, identical in the case of all innovations. They have to be met for the implementation process to

take place. When it comes to the implementation of artificial intelligence in the field of business process management, the focus should be put on the stage oriented towards process initiation. Care should be taken about investing in talent development and launching research initiatives aimed at preparing the company for the upcoming adoption of AI-based technology [Schumacher, 2020]. Due to the fact that AI technology is still considered to be a matter requiring further studying by many entities, it is not surprising that numerous enterprises lack internal expert knowledge in said area. It can be considered to be one of three key barriers to growth [Jan, Ishakian, Muthusamy, 2020]. Raising employee qualifications is an important condition that must be met for AI-based solutions to be fully and truly implemented. As said technology requires a new, highly specific set of skills, it seems to be justified to establish internal expert teams conducting internal training sessions and participating in the recruitment process based on finding individuals with experience in the field of AI. If the key representatives of a given company do not want to use its resources for the specified purpose, outsourcing experts with direct experience in AI, Internet of Things, and Machine Learning technologies seems to be a valid solution.

Yet another crucial condition that has to be mentioned is the introduction of a centralized on-site management model. Taking care of increasing awareness about AI should not be neglected as well. Companies that have been initial ones to utilize artificial intelligence now have dedicated centralized teams or centers for managing new technologies. The management structure has to be developed by appointed expert teams for the technology to constantly develop and bring notable benefits. Key technology stakeholders may be operational managers or process engineers responsible for providing the management with most important operational metrics. Nevertheless, it has to be stated that overall planning and implementation should be carried out by a centralized entity, which can take a proper care of streamlining management-specific efforts, as well as of ensuring the optimal utilization of resources available.

7.2. Research method

The aim of the research conducted by the authors was to critically review the subject literature, including reports on business practice in the field of using digital technologies in the process of improving business operations. In order to identify the challenges and benefits, a review of the latest literature was conducted. The study primarily refers to publications from the last 5 years (2019-2024). The exceptions are a few publications from the earlier period (2013-2018). The

analysis included literature and reports on an international scale, as well as on the Polish market. The review of literature and business practice allowed for the identification of examples of good practices regarding the implementation and use of digital solutions in the process of improving business operations.

7.3. Analysis of results

Thanks to the use of widely-understood artificial intelligence, process management experts can achieve highly satisfactory levels of efficiency and notably improve management-oriented undertakings. When it comes to processing large and complex data sets, as well as developing recommendations [Pisoni, Molnár, 2023], human capabilities simply have to reach their limit at some point. That is why artificial intelligence can turn out to be remarkably beneficial in the following areas:

- process simulation,
- process exploration,
- process automation,
- intelligent decision-making,
- predictive analytics [Wamba-Taguimdje et al., 2020].

Artificial intelligence can, among others, support process simulation by analyzing historical data. By opting for advanced machine learning and deep learning, artificial intelligence algorithms can identify patterns and relationships in process-specific data, as well as integrate them as a part of the developed simulation model [Moraes et al., 2022]. Within the scope of the aforementioned model, various scenarios and process variants can be simulated and tested. Such an approach makes it possible for companies to calculate key performance indicators (KPIs), such as process costs and lead times, as well as identify bottlenecks and estimate the impact of process changes in advance [Lietaert et al., 2021]. The representatives of such companies are granted the opportunity of quickly specifying the duration of each process-specific step, identifying delays, assessing process step frequency, as well as estimating the cost of each step and the entire process [Jin, 2024]. By changing specific parameters, a wide range of use cases can be created. They can be later on developed, resulting in an optimal configuration made without the necessity of opting for factual resources [Kaneko et al., 2020]. Thanks to taking advantage of artificial intelligence, complex relationships and interactions between various process-specific variables can be modeled. It in turn results in their better understanding. It can be stated that companies can understand their processes to a greater extent, identify risks

and opportunities, as well as make informed decisions by opting for AI-related solutions.

Artificial intelligence can additionally support the analysis, visualization and improvement of business processes in the context of process exploration [Chapela-Campa, Dumas, 2023]. One of many possible applications that has to be mentioned is the so-called automated process exploration [Mehdiyev, Fettke, 2021]. Artificial intelligence can turn out to be particularly useful with regard to automatically identifying and modeling processes by analyzing data from various source systems (such as CRM or ERP, for example). By analyzing data or event logs, AI-based technology is capable of identifying patterns and correlations. It helps the software visualize process flow and identify its individual steps. Basing on said data, artificial intelligence can also detect deviations from defined processes, unusual activities, delays, as well as more or less problematic errors. It makes it possible for companies to identify and resolve potential issues in a timely manner. Aside from process-specific deviations, AI can identify weaknesses, redundancies, and bottlenecks in business processes, as well as provide suggestions for process optimization. There is also the possibility of utilizing AI-based process mining that can be monitored in real time, not just analyzed after its completion. Real-time monitoring allows companies to obtain up-to-date pieces of information pertaining to process status and intervene immediately to solve problems or seize opportunities if need be.

Artificial intelligence is also becoming increasingly important in the field of process automation. The use of AI in the form of software bots allows for programming automated sequences making performing manual, repetitive, and rule-based tasks much easier and more efficient. Said digital bots independently handle tasks that would usually have to be performed by an employee. The aforementioned approach notably speeds up the entire process, resulting in cost reduction and error likelihood decrease [Antal, Szabó, 2023]. Employees can then focus on more demanding tasks. Moreover, human resources can be utilized in a more effective manner. By opting for the discussed approach, various workflows, such as submitting leave requests, processing invoice receipts, preparing employee onboarding, and reviewing purchase inquiries can be automated. Almost constant improvements and developments in the field of artificial intelligence and machine learning make it possible to automate not only simple processes, but also complex, end-to-end ones spanning multiple stakeholders, departments, and systems. It has to be said that in the past, such projects required utilizing the potential of human intelligence.

It has to be stated that not many employees are satisfied with the manner decisions are made in their companies. It is caused by the fact that vital decisions

are often time-consuming and involve numerous stakeholders. Artificial intelligence can support complex decision-making processes by providing extensive information, simulating alternative scenarios, or suggesting optimal decisions. AI-based solutions can process structured and unstructured data from internal and external sources, extracting key pieces of information to identify patterns relevant to the decision-making process. Said approach allows for making more informed decisions and considering potential risks or issues. It is even possible to automate process-specific decisions by using artificial intelligence. Its significant level of advancement eliminates the need for human workers to be involved in the process [Chakraborty, 2023a]. Basing on predefined rules, patterns, or algorithms, AI can make decisions and initiate various actions in a fully automated manner. Said approach results in fewer errors being made and faster decision-making process completion.

Yet another area in which AI is used is the field of process and risk prediction. In the discussed case, historical data on the course and results of selected processes are collected and analyzed in order to identify key patterns and trends [Ogigau-Neamitiu, 2021]. Such pieces of information are afterwards utilized to predict the future course of said processes. Said approach allows companies to, among others, proactively detect and eliminate bottlenecks, as well as avoid delays in the process flow [Chakraborty, 2023b]. It additionally makes it possible to swiftly respond to market changes and adapt processes accordingly. It can be said that AI allows for a proactive and forward-looking approach. Most commonly taken advantage of applications are as follows: detecting credit risk and fraudulent activities in financial and insurance sectors, determining pricing strategies, forecasting sales volumes and optimal inventory levels in supply chain management, predicting servicing or part replacement intervals, identifying potential candidates, reducing employee turnover and increasing employee engagement, detecting dissatisfied customers in order to take appropriate remedial measures as soon as possible.

Among numerous advantages of business process management based on artificial intelligence, one may find the following:

1. Boosted productivity – business processes can be repeatedly optimized, predominantly by means of automating repetitive and time-consuming tasks. Such an approach makes it easier for employees to focus on more demanding undertakings [Blaurock, Büttgen, Schepers, 2024].
2. Full objectivity – unlike humans, artificial intelligence can take into account not only a limited amount, but all available pieces of information. Furthermore, AI can analyze them impartially and independently of personal experiences and emotions [Blaurock, Büttgen, Schepers, 2024].

3. Higher quality – AI ensures higher accuracy and quality of business processes. Thanks to the possibility of remarkably reducing human errors and opting for highly precise algorithms, processes can be performed more reliably and consistently [Hoffman, 2019].
4. Advanced data analysis – AI ensures advanced data analysis and processing. It is capable of analyzing large amounts of both structured and unstructured data, identifying patterns and correlations, as well as making accurate predictions. It directly translates into the possibility of making informed decisions and creating a comprehensive database to be utilized for the purpose of process management [Hoffman, 2019].
5. Real-time decision making – AI allows for an immediate analysis of data, allowing for decisions to be made almost immediately. Said aspect is especially crucial in the case of companies that are required to respond to changing conditions and customer requirements quickly [Saidyutivaishnavi, 2021].
6. Effective risk management – AI-based solution can help identify and minimize risks pertaining to various business processes in a timely manner, especially by means of detecting deviations and anomalies in datasets provided. It in turn makes it possible for companies to take proactive actions and address issues at the earliest stage possible, resulting in avoiding financial or operational damage [Blaurock, Büttgen, Schepers, 2024].

Artificial intelligence has been revolutionizing business process management predominantly by integrating automation, analytics, and real-time insights. Its utilization allows for intelligent decision-making, executing various processes in a swift manner, as well as increasing overall efficiency. AI-powered BPM optimizes operations through intelligent automation, which in turn allows for making data-driven decisions. Artificial intelligence in business process management is in many cases based on taking advantage of algorithms and automation-specific tools in order to improve certain processes, including intelligent workflows. Said approach allows for optimization and introducing innovative solutions in a given company. The integration of AI technologies is mainly oriented towards improving process exploration, boosting analytics efficiency, as well as increasing the level of automation in BPM. It can be clearly stated that the modern artificial intelligence is fully capable of transforming traditional BPM practices. Numerous examples of the successful implementation of AI in the field of BPM clearly showcase the importance of intelligent automation and analysis, pointing to increased efficiency and boosted automation. Case studies elaborate on the exceptional impact of AI-based solutions on process optimization and analytics, which in turn leads to significant improvements in BPM perceived as a whole. The aforementioned successful implementations clearly point

to the transformative impact of AI when it comes to widely-understood business process management.

The implementation of the proper AI-based solution supporting BPM is vital when it comes to avoiding most common issues and ensuring top-tier customer satisfaction. AI-focused technology makes it possible to easily detect fraud, mitigate possible risk factors, as well as respond to customer feedback in a swifter manner. It all translates directly into the improvement of developed process management strategies. It is possible to point to virtually countless examples of companies that have successfully implemented AI-powered business process management. Below, the authors have decided to showcase how organizations operating in various branches of industry have successfully utilized AI technologies to improve the undertakings performed and achieve business success:

1. Supply chain optimization: Companies such as Walmart have implemented artificial intelligence-based solutions in the field of BPM in order to optimize their supply chain-specific operations. By taking advantage of innovative AI algorithms and machine learning, Walmart has managed to improve demand forecasting, inventory management, and logistics-oriented planning. AI-based analytic tools have helped identify patterns with regard to sales data, predict demand fluctuations, as well as optimize inventory levels. It has all resulted in remarkably lower costs, boosted customer satisfaction, and more efficient supply chain exploitation [Brain Corp, 2023].
2. Fraud detection and prevention: Financial institutions such as banks have been taking advantage of artificial intelligence-based solution in BPM to combat fraud. Machine learning algorithms analyze massive amounts of transaction-specific data, which in turn allows for identifying patterns, anomalies, and suspicious activities in real time [Odeyemi et al., 2024]. By automating fraud detection processes, various organizations are fully capable of detecting fraudulent transactions in an accurate and swift manner. It reduces overall risk and protects assets owned by customers [Josyula, Vishnubhotla, Onyando, 2023].
3. Customer journey mapping and personalization: Artificial intelligence-based technological solutions, such as the ones responsible for natural language processing and machine learning, have transformed customer experience management throughout the years. Companies such as Netflix and Amazon have been successfully utilizing recommendation-based systems that have been developed on the basis on artificial intelligence. It allows for personalizing content and product recommendations for users [Kunz, Wirtz, 2023]. By analyzing user behavioral patterns, preferences [Mohanty et al., 2023], and historical data, AI-based algorithms are capable of providing highly personal-

ized suggestions, thereby increasing customer satisfaction and engagement. The discussed approach may also result in revenue growth [Khawan, 2023].

4. Predictive maintenance in the field of manufacturing: Manufacturing-oriented companies take advantage of AI-based solutions in the field of BPM mainly for predictive maintenance-related purposes. By means of properly analyzing sensor data, equipment performance metrics, and historical maintenance records, AI algorithms are fully capable of predicting possible equipment failures, identify maintenance-specific needs, and proactively plan servicing [Rojek et al., 2023]. The aforementioned approach minimizes unplanned downtime, reduces maintenance costs, as well as optimizes the utilization of available resources [Raza, 2023].
5. Process automation in the field of healthcare: Healthcare-oriented organizations have been utilizing AI-powered BPM solutions in order to automate certain processes and improve patient care [Deepak Kumar, 2021]. As a fitting example, it can be stated that artificial intelligence-based chatbots are capable of professionally handling patient request, providing health-related advice, and scheduling appointments. It all results in reducing the amount of administrative issues medical staff would have to deal with. Furthermore, AI+ algorithms can analyze medical records, laboratory test results, and research data in order to provide valuable assistance when it comes to diagnosing, treatment planning, and medical research [Ellahham, Ellahham, Simsekler, 2019].

The implementation of artificial intelligence-specific solutions in the field of business process management (BPM) is a constantly evolving endeavor that continues to shape the future of various business operations. Organizations are increasingly keener on adopting comprehensive AI-specific technologies. Their owners can clearly notice their transformative impact. A number of vital trends have been emerging. At least some of them will surely impact the future of AI and BPM.

Discussion and conclusions

To sum up the literature research, the use of new technologies, including artificial intelligence, usually translates into increased enterprise efficiency. With the development and implementation of the discussed technologies, it will be possible to integrate activities in enterprises even more and significantly improve efficiency. This should translate into cost optimization and an increase in the position of a given organization in the competitive market [Sylwestrzak,

2023, p. 296]. Artificial intelligence is not just a fashionable gadget – it is the basis of business management in the future. The literature review and reports from the business world show that as digital technologies develop, AI will increasingly influence every aspect of business, from automation to strategic planning. Companies that are already adopting AI are setting standards for future business successes. AI is no longer an option – it is becoming a necessity in the business world for optimized process management through digitization and the implementation of automated processes supported by artificial intelligence. Therefore, targeted and consistent process automation is a critical success factor now and in the future. It should be emphasized that the key link on the path to optimal use of new digital technologies in organizations are human resources – internal and external. In addition to increasing the value and efficiency of the enterprise, technology should support sustainable development. A kind of litmus test of the usefulness of technology, including AI, will be the increasingly better matching of the offer of a given organization to the needs and capabilities of its customers and employees (the specifics of the activity of a given organization) [Chatterjee, Ghosh, Chauhuri, 2020, p. 1261-1281]. According to the authors, creating technological development should go towards functionalities that will support the actions of people on whom business processes are based. At the same time, replacing a human in one place will never mean that their intellect will not be needed at another stage of the process or in another place of a given system.

Literature

- Antal K., Szabó Z. (2023), *Application of Artificial Intelligence in Heuristic Models for Process Improvement*, 15th International Conference on Software. Knowledge, Information Management and Applications, p. 255-260, <https://doi.org/10.1109/SKIMA59232.2023.10387343>.
- Ardiansyah A., Fardana F.F., Yaqin M.A. (2021), *Analisis dan Perancangan Artificial Intelligence Pada Business Process Management*, „Journal of Computer Science and Applied Informatics”, Vol. 3(1), p. 69-82, <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v3i1.121>.
- Beheshti A., Yang J., Sheng Q.Z., Benatallah B., Casati F., Dustdar S., Motahari Nezhad H.R., Zhang X., Xue S. (2023), *ProcessGPT: Transforming Business Process Management with Generative Artificial Intelligence*, Proceedings – 2023 IEEE International Conference on Web Services – “ICWS 2023”, p. 731-739, <https://doi.org/10.1109/ICWS60048.2023.00099>.
- Blaurock M., Büttgen M., Schepers J. (2024), *Designing Collaborative Intelligence Systems for Employee-AI Service Co-Production*, „Journal of Service Research”, p. 1-19, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10946705241238751>.

- Brain Corp (2023), *W jaki sposób Walmart wykorzystuje sztuczną inteligencję, aby ułatwić zakupy milionom swoich klientów?*, <https://www.braincorp.com/pl/resources/how-walmart-is-using-a-i-to-make-shopping-better-for-its-millions-of-customers-afa92>.
- Chakraborty A., Bhattacharyya S., De D., Sarigiannidis P., Sekhar Banerjee J. (2023a), *Confluence of Artificial Intelligence and Robotic Process Automation: Concluding Remarks* [in:] S. Bhattacharyya, J. Sekhar Banerjee, D. De (eds.), *Confluence of Artificial Intelligence and Robotic Process Automation*, p. 389-399, https://doi.org/10.1007/978-981-19-8296-5_16.
- Chakraborty A., Bhattacharyya S., De D., Mahmud M., Sekhar Banerjee J. (2023b), *Intelligent Automation Framework Using AI and RPA: An Introduction* [in:] S. Bhattacharyya, J. Sekhar Banerjee, D. De (eds.), *Confluence of Artificial Intelligence and Robotic Process Automation*, p. 1-13, https://doi.org/10.1007/978-981-19-8296-5_1.
- Chapela-Campa D., Dumas M. (2023), *From Process Mining to Augmented Process Execution*, „Software and Systems Modeling”, Vol. 22(6), p. 1977-1986, <https://doi.org/10.1007/s10270-023-01132-2>.
- Chatterjee S., Ghosh S.K., Chaudhuri R. (2020), *Knowledge Management in Improving Business Process: An Interpretative Framework for Successful Implementation of AI-CRM-KM System in Organizations*, „Business Process Management Journal”, Vol. 26(6), p. 1261-1281, <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2019-0183>.
- Deepak Kumar (2021), *Artificial Intelligence in Hospital Management*, „Bodhi International Journal of Research in Humanities, Arts and Science”, Vol. 5(2), p. 78-81.
- De Sordi J.O. (2022), *Management by Business Process: A Managerial Perspective of People, Process, and Technology*, Springer International Publishing, Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-11637-7>.
- Dumas M., Fournierand F., Limonad L., Marrella A., Montali M., Rehse J.-R., Accorsi R., Calvanese D., De Giacomo G., Fahland D., Gal A., La Rosa M., Völzer H., Weber I. (2022), *AI-Augmented Business Process Management Systems: A Research Manifesto*, Vol. 1., November, p. 1-19, <https://arxiv.org/pdf/2201.12855.pdf> (accessed: 4.04.2024).
- Ellahham S., Ellahham N., Simsekler M.C.E. (2019), *Application of Artificial Intelligence in the Health Care Safety Context: Opportunities and Challenges*, „American Journal of Medical Quality”, DOI: 10.1177/1062860619878515.
- European Parliament (2020), *Sztuczna inteligencja: co to jest i jakie ma zastosowania?*, <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania>.
- Frąś J. (2013), *Zarządzanie procesem wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania. Zarządzanie i Marketing”, no. 34, t. 1, p. 175-186.
- Hoffman M. (2019), *Application and Benefits of Artificial Intelligence to Mankind: Review*, *International Digital Organization for Scientific Research*, „IDOSR Journal of Computer and Applied Sciences”, Vol. 4(1), p. 35-39.

- Jan S.T., Ishakian V., Muthusamy V. (2020), *AI Trust in Business Processes: The Need for Process-Aware Explanations*, Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, Vol. 34(08), p. 13403-13404, <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i08.7056>.
- Janasz W., Janasz K., Prozorowicz M., Świadek A., Wisniewska J. (2002), *Determinanty innowacyjności przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jin D.Y. (2024), *AI in Cultural Production in the Korean Cultural Industries*, „Telematics and Informatics Reports”, Vol. 13, p. 100113, <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100113>.
- Josyula H.P., Vishnubhotla D., Onyando P.O. (2023), *Is Artificial Intelligence an Efficient Technology for Financial Fraud Risk Management?*, „International Journal of Managerial Studies and Research”, Vol. 11(6), p. 11-16, <https://doi.org/10.20431/2349-0349.1106002>.
- Kaneko H., Goto J., Kawai Y., Mochizuki T., Sato S., Imai A., Yamanouchi Y. (2020), *AI-Driven Smart Production*, „SMPTE Motion Imaging Journal”, Vol. 129(2), p. 27-35, <https://doi.org/10.5594/JMI.2019.2959173>.
- Khawan S. (2023), *The Use of Artificial Intelligence Technology in The Organization's E-Services and The Impact on Customer Satisfaction*, <https://ssrn.com/abstract=4595784> (accessed: 14.04.2024).
- Khider H., Hammoudi S., Meziane A., Cuzzocrea A. (2023), *BPM in the Era of Industry 4.0: A Bibliometric Analysis*, International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS – Proceedings. SCITEPRESS – Science and Technology Publications, Vol. 2, p. 651-659, <https://doi.org/10.5220/0011995200003467>.
- Kryśkiewicz Ł. (2018), *Uwarunkowania w zarządzaniu innowacjami w kształtowaniu sukcesu przedsiębiorstwa*, „Organizacja i Kierowanie”, nr 1(180), p. 131-151.
- Kunz W., Wirtz J. (2023), *AI in Customer Service – A Service Revolution in the Making* [in:] J.N. Sheth, V. Jain, E. Mogaji, A. Ambika (eds.), *Artificial Intelligence in Customer Service*, p. 17-23, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-33898-4>.
- Lietaert P., Meyers B., Van Noten J., Spis J., Gadeyne K. (2021), *Knowledge Graphs in Digital Twins for AI in Production*, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 630, p. 249-257, https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2_26.
- Majidian Eidgahi M., Barthe-Delanoë A.-M., Bork D., Namaki Araghi S., Macé-Ramète G., Benaben F. (2024), *Integrating Social Media and Business Process Management: Exploring the Role of AI Agents and the Benefits for Agility*, „Lecture Notes in Business Information Processing”, Vol. 492, p. 205-216, https://doi.org/10.1007/978-3-031-50974-2_16.
- Mehdiyev N., Fettke P. (2021), *Explainable Artificial Intelligence for Process Mining: A General Overview and Application of a Novel Local Explanation Approach for Predictive Process Monitoring* [in:] W. Pedrycz, S.M. Chen (eds.), *Interpretable Artificial Intelligence: A Perspective of Granular Computing. Studies in Computational Intelligence*, Vol. 937, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-64949-4_1.

- Microsoft, Azure (2024), *Co to jest sztuczna inteligencja*, <https://azure.microsoft.com/pl-pl/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-artificial-intelligence#samochody-autonomiczne>.
- Mohanty A., Mohanty J., Lingam N., Mohanty S., Acharya A. (2023), *Artificial Intelligence Transforming Customer Service Management: Embracing The Future*, „The Oriental Studies”, Vol. 72(3/2), p. 35-47, https://www.researchgate.net/publication/373492396_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_TRANSFORMING_CUSTOMER_SERVICE_MANAGEMENT_EMBRACING_THE_FUTURE (accessed: 14.04.2024).
- Moraes C.H.V. de, Valério de Moraes C.H., Scolimoski J., Lambert-Torres G., Santini M., Alves Dias A.L., Guerra F.A., Pedretti A., Pires Ramos M. (2022), *Robotic Process Automation and Machine Learning: a Systematic Review*, „Brazilian Archives of Biology and Technology”, Vol. 65, <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022220096>.
- O’Leary D.E. (2009), *The Impact of Gartner’s Maturity Curve, Adoption Curve, Strategic Technologies on Information Systems Research, with Applications to Artificial Intelligence, ERP, BPM, and RFID*, „Journal of Emerging Technologies in Accounting”, Vol. 6(1), p. 45-66, <https://doi.org/10.2308/jeta.2009.6.1.45>.
- Odeyemi O., Mhlongo N., Nwankwo E., Soyombo O. (2024), *Reviewing the Role of AI in Fraud Detection and Prevention in Financial Services*, „International Journal of Science and Research Archive”, Vol. 11(01), s. 2101-2110.
- Ogigau-Neamitiu F. (2021), *The Advantages of Integrating Artificial Intelligence in Business Processes*, „Journal of Defense Resources Management”, Vol. 12, p. 201-210.
- Pałęga M., Knapiński M., Kulma W. (2016), *Uwarunkowania wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie na przykładzie wprowadzania zmian w obszarze zarządzania bezpieczeństwem informacji* [in:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, p. 178-189.
- Pisoni G., Molnár B. (2023), *Business Processes Management and Responsible Use of Big Data*, Proceedings of the 16th IADIS International Conference on Information Systems 2023, “IS 2023”, p. 239-245, https://doi.org/10.33965/is2023_2023011028.
- Raza F. (2023), *AI for Predictive Maintenance in Industrial Systems*, „Cosmic Bulletin of Business Management”, Vol. 2(1), DOI: 10.13140/RG.2.2.27313.35688.
- Rojek I., Jasiulewicz-Kaczmarek M., Piechowski M., Mikołajewski D. (2023), *An Artificial Intelligence Approach for Improving Maintenance to Supervise Machine Failures and Support Their Repair*, „Applied Sciences”, Vol. 13(8), DOI:10.3390/app13084971.
- Saidyutivaishnavi V. (2021), *Advantages of AI in the Modern World*, „Bodhi International Journal of Research in Humanities. Arts and Science”, Vol. 5, p. 81-83, E-ISSN: 2456-5571.
- Schumacher J. (2020), *KI in der Produktion – den Einstieg nicht verpassen!*, „Fabriksoftware”, Vol. 3, p. 25-27, https://doi.org/10.30844/FS20-3_25-27.
- Sylwestrzak P. (2023), *Rozwój zarządzania procesowego nowe technologie* [w:] A. Bitkowska (red.), *Przyszłość zarządzania procesowego Strategie – Ludzie – Technologia*, TNOiK Dom Organizatora, Warszawa, p. 295-296.

- Truong B.Q., Nguyen-Duc A., Van N.T.C. (2023), *A Quantitative Review of the Research on Business Process Management in Digital Transformation: A Bibliometric Approach*, „Software”, Vol. 2(3), p. 377-399, <https://doi.org/10.3390/software2030018>.
- Wamba-Taguimdje S.L., Fosso Wamba S., Kala Kamdjoug J.R., Tchatchouang Wanko Ch.E. (2020), *Influence of Artificial Intelligence (AI) on Firm Performance: The Business Value of AI-based Transformation Projects*, „Business Process Management Journal”, Vol. 26(7), p. 1893-1924, <https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411>.

Wykorzystanie technologii kognitywnej Hierarchical Temporal Memory we wspomaganiu procesu nauczania zdalnego w uczelniach wyższych

Wprowadzenie

Współcześnie uczelnie wyższe stoją przed wyzwaniami związanymi z szybkim rozwojem technologii i zmieniającymi się oczekiwaniami studentów. Dlatego istnieje potrzeba wykorzystania innowacyjnych rozwiązań, które pozwolą na dostosowanie oferty edukacyjnej i usług do indywidualnych potrzeb każdego studenta. Technologie kognitywne, dzięki swojej zdolności do analizy dużych ilości danych, automatycznego uczenia się i generowania inteligentnych rekomendacji, umożliwiają również wspomaganie funkcjonowania uczelni wyższych. Ponadto technologie kognitywne, oparte na sztucznej inteligencji i uczeniu maszynowym, oferują nowe możliwości poprawy jakości nauczania, personalizacji edukacji, automatyzacji procesów administracyjnych oraz efektywnego zarządzania wiedzą, w tym w zakresie nauczania zdalnego.

Celem niniejszego rozdziału jest opracowanie koncepcji wykorzystania technologii kognitywnej Hierarchical Temporal Memory (HTM) we wspomaganiu procesów realizowanych w uczelniach wyższych, w szczególności procesu nauczania zdalnego. W dalszej części rozdziału, na podstawie analizy literatury przedmiotu, zaprezentowano dotychczasowe zastosowania technologii kognitywnych we wspomaganiu procesów w uczelniach wyższych. Następnie przedstawiono analizę procesu nauczania zdalnego oraz scharakteryzowano technologię kognitywną Hierarchical Temporal Memory. W ostatniej części rozdziału scharakteryzowano koncepcję wykorzystania technologii HTM we wspomaganiu procesu nauczania zdalnego w uczelniach wyższych oraz wnioski z przeprowadzonych badań.

8.1. Wykorzystanie technologii kognitywnych w uczelniach wyższych

Technologie kognitywne obejmują szeroki zakres narzędzi, technik i metod, które angażują się w rozumienie, uczenie się, przetwarzanie informacji, rozpoznawanie wzorców, rozwiązywanie problemów i podejmowanie decyzji na podobieństwo sposobu, w jaki to robią ludzie. Te technologie wykorzystują zrozumienie i symulację procesów poznawczych, takich jak myślenie, percepcja, język naturalny, uczenie się i adaptacja. Są często wykorzystywane do wspomagania procesów biznesowych i swoje zastosowanie znajdują również na uczelniach wyższych. Mogą one wspomagać procesy nauczania na uczelniach wyższych poprzez wykorzystanie inteligentnych tutorów, systemów adaptacyjnych, wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości oraz analizy danych w celu dostosowania procesów edukacyjnych do indywidualnych potrzeb studentów [Pedró, 2020]. Wraz z rozwojem technologii kognitywnych, uczelnie wyższe wykorzystują je do udoskonalania procesów nauczania zdalnego i e-learningu. Technologie, takie jak analiza języka naturalnego, mogą pomóc w ocenie prac pisemnych lub automatycznym generowaniu treści edukacyjnych. Ponadto inteligentne systemy uczące się mogą dostosować materiały i zadania do indywidualnych potrzeb studentów [Pedró, 2020]. Technologie kognitywne wykorzystuje się również do tworzenia systemów tutoringowych, które pomagają studentom w uczeniu się. Systemy te mogą analizować postępy studentów, identyfikować obszary trudności i dostarczać spersonalizowane materiały i porady, aby wspomóc proces uczenia się [Conati i in., 2021].

Istotnym obszarem jest także wykorzystanie technologii kognitywnych w badaniach naukowych. Metody analizy danych, przetwarzania języka naturalnego czy uczenia maszynowego usprawniają m.in. analizę dużych zbiorów danych, identyfikację wzorców, przewidywanie wyników, wspomagają podejmowanie decyzji opartych na danych [Chatterjee, Bhattacharjee, 2020]. Technologie kognitywne umożliwiają również usprawnienie procesów administracyjnych na uczelniach. Przykładowo chatboty wykorzystujące przetwarzanie języka naturalnego mogą odpowiadać na pytania studentów, udzielać informacji o harmonogramach, zapisach czy wymaganiach programowych. Automatyzacja procesów administracyjnych może również obejmować przetwarzanie dokumentów, zarządzanie danymi czy planowanie zasobów [Luckin, 2018]. Istotnym zastosowaniem technologii kognitywnych jest też wspomaganie personalizacji edukacji. Na podstawie analizy danych, takich jak wyniki testów, postępy czy preferencje studentów, systemy mogą dostosowywać materiały edukacyjne, zapewniać in-

dywidualne zadania i porady, aby lepiej dopasować proces nauczania do potrzeb każdego studenta [Maghsudi i in., 2021].

Technologie kognitywne mogą być używane również do automatycznego oceniania prac, zadań i testów. Mogą analizować i generować opinie na temat pracy studenta, zapewniając szybką informację zwrotną i pomagając w doskonaleniu umiejętności [Hooda i in., 2022].

Technologie kognitywne oraz technologie wirtualnej rzeczywistości można wykorzystać do realizacji symulacji mających na celu tworzenie interaktywnych środowisk edukacyjnych, które umożliwiają studentom praktyczne uczenie się w kontrolowanym środowisku. Technologie kognitywne mogą wspomagać wirtualną rzeczywistość, dostosowując ją do indywidualnych potrzeb studentów i śledząc ich postępy [Jiawei, Mokmin, 2023], dzięki czemu mają potencjał do zwiększenia efektywności i personalizacji procesów realizowanych w uczelniach wyższych, tworząc bardziej interaktywne i skuteczne miejsce do nauki studentów.

8.2. Analiza procesu nauczania zdalnego

Analiza procesu nauczania zdalnego na uczelniach wyższych jest obszernym zagadnieniem, które wymaga uwzględnienia wielu aspektów. W tabeli 1 przedstawiono kluczowe obszary, które można przeanalizować w kontekście procesu nauczania zdalnego na uczelniach wyższych.

Tabela 1. Obszary analizy nauczania zdalnego

Obszar analizy procesu nauczania zdalnego	Rozwinięcie
1	2
Infrastruktura technologiczna	Należy zwrócić uwagę na to, jakie narzędzia i platformy są wykorzystywane do prowadzenia zajęć zdalnych. Analiza infrastruktury technologicznej może obejmować ocenę dostępności internetu, funkcjonalności platform, jakości połączeń wideo i audio oraz innych technicznych aspektów niezbędnych do sprawnego prowadzenia nauczania zdalnego
Dostępność i równość dostępu	Analiza powinna uwzględniać dostępność i równość dostępu do narzędzi i zasobów niezbędnych do nauki zdalnej. Należy zbadać, czy wszyscy studenci mają dostęp do odpowiedniego sprzętu komputerowego, stabilnego połączenia internetowego oraz czy istnieją środki wspierające studentów z ograniczonym dostępem do technologii
Interakcja i zaangażowanie studentów	Badanie wpływu nauczania zdalnego na interakcję i zaangażowanie studentów może obejmować analizę metod interakcji, takich jak dyskusje online, grupy projektowe czy prace zespołowe. Można również zbadać narzędzia i strategie stosowane do utrzymania zaangażowania studentów oraz ocenić ich skuteczność

cd. tabeli 1

1	2
Ocena i przekazywanie informacji zwrotnej	Analiza powinna uwzględniać metody oceny i przekazywania informacji zwrotnej w procesie nauczania zdalnego. Warto zbadać, w jaki sposób są oceniane prace pisemne, testy czy projekty. Analiza może również obejmować badanie skuteczności systemów automatycznej oceny, a także sposobów udzielania indywidualnej informacji zwrotnej studentom
Szkolenia dla kadry akademickiej	Ważne jest przeanalizowanie działań podejmowanych w celu wsparcia kadry akademickiej w przystosowaniu się do nauczania zdalnego. Analiza może obejmować dostępność szkoleń, wsparcia technicznego oraz strategię, które wspierają rozwój kompetencji pedagogicznych nauczycieli
Efektywność nauczania zdalnego	Warto zbadać efektywność procesu nauczania zdalnego w porównaniu do tradycyjnego nauczania stacjonarnego. Analiza może obejmować ocenę wyników i postępów studentów, wskaźniki zaliczenia przedmiotów oraz porównanie satysfakcji studentów z obu form nauczania
Współpraca i komunikacja	Badanie komunikacji i współpracy między studentami, a także między studentami a kadrą akademicką może być istotne w analizie procesu nauczania zdalnego. Warto zbadać, jakie narzędzia są wykorzystywane do komunikacji, jak często odbywają się spotkania online czy seminaria, a także jak efektywnie współpracują studenci w trybie zdalnym
Wyzwania i rekomendacje	Analiza procesu nauczania zdalnego powinna uwzględniać również identyfikację głównych wyzwań, z jakimi uczelnie wyższe się spotykają, oraz proponowanie rekomendacji i strategii rozwiązywania tych problemów. Może to obejmować zagadnienia związane z dostępem do technologii, zaangażowaniem studentów, komunikacją czy ocenianiem

Źródło: Opracowanie własne.

Wspomaganie procesu nauczania zdalnego, w tym z wykorzystaniem technologii kognitywnych, może dotyczyć następujących zadań:

- oceny wyników i postępów studentów – analiza może pomóc w monitorowaniu postępów i osiągnięć studentów podczas nauki zdalnej. Można zbierać i analizować dane dotyczące wyników testów, zadań, projektów oraz innych form oceny, aby ocenić, czy studenci osiągają zamierzone cele i czy potrzebują dodatkowego wsparcia;
- oceny efektywności metody nauczania – analiza procesu nauczania zdalnego pozwala ocenić skuteczność zastosowanych metod i strategii nauczania. Można zbadać, które elementy procesu są najbardziej skuteczne i przynoszą najlepsze rezultaty w kontekście zdalnego nauczania;
- identyfikacji trudności i obszarów wymagających poprawy – analiza procesu nauczania zdalnego może ujawnić trudności, z jakimi borykają się studenci

oraz obszary, w których wymagane są ulepszenia. Na podstawie zebranych danych można wprowadzić korekty, takie jak dostosowanie materiałów edukacyjnych, strategii nauczania czy udoskonalenie infrastruktury technologicznej;

- personalizacji procesu nauczania – analiza może dostarczyć informacji o preferencjach, stylach uczenia się i indywidualnych potrzebach studentów. Nauczyciele mogą wykorzystać te dane do personalizacji procesu nauczania, oferując spersonalizowane materiały edukacyjne, ścieżki nauki i wsparcie, co może poprawić zaangażowanie i wyniki studentów;
- doskonalenia interakcji między studentami a nauczycielami – analiza danych dotyczących interakcji między studentami a nauczycielami może pomóc w zrozumieniu jakości komunikacji i współpracy. Nauczyciele mogą korzystać z tych informacji, aby doskonalić interakcje, udzielać wsparcia, odpowiednio reagować na pytania i zapotrzebowania studentów;
- optymalizacji zasobów i infrastruktury – analiza procesu nauczania zdalnego może pomóc w optymalizacji wykorzystania zasobów edukacyjnych i infrastruktury technologicznej. Na podstawie zebranych danych można dostosować dostępność i dostęp do zasobów, zoptymalizować infrastrukturę sieciową oraz zapewnić odpowiednie narzędzia i środowiska zdalnego nauczania.

Realizacja tych zadań z wykorzystaniem technologii kognitywnych pozwoli m.in. na identyfikację obszarów doskonalenia i wprowadzenia odpowiednich działań korygujących w celu zapewnienia jak najbardziej efektywnego i satysfakcjonującego procesu nauczania zdalnego.

8.3. Analiza budowy i funkcjonowania Hierarchical Temporal Memory

Hierarchiczna pamięć wzorców czasoprzestrzennych (Hierarchical Temporal Memory, HTM) została opracowana na podstawie rozważań ogólnych nad algorytmem przetwarzania informacji przez mózgi [Hawkins, Blakeslee, 2004]. Węzły sieci zorganizowane są w sposób hierarchiczny, motywowany przez rosnące rozmiary korowych pól recepcyjnych w obszarach zmierzających od pierwotnej kory zmysłowej, przez korę wtórną i wyższe obszary skojarzeniowe. Specyficzne połączenia między warstwami prowadzą do powstawania coraz większych, niezmienniczych pól recepcyjnych, a w końcu do rozpoznania obiektu. Węzły sieci HTM zorganizowane są w hierarchiczny sposób, każdy z nich ma pamięć i możliwości uczenia. W tym modelu podkreśla się czasoprzestrzen-

ny aspekt percepcji, pamięć sekwencji wrażeń, która ułatwia rozpoznawanie i antycypację kolejnych wrażeń. Każdy poziom w hierarchicznej sieci uczony jest niezależnie, by zapamiętać wzorce czasoprzestrzenne i rozpoznawać nowe, podobne wzorce dzięki współpracy procesów oddolnych i odgórnych (*bottom-up/top-down*), a więc bezpośredniej hierarchicznej analizie informacji i opartej na oczekiwaniach węzłów wyższego poziomu antycypacji ograniczającej interpretację bezpośredniej analizy. Architektura HTM ma wielu zwolenników, ale nie testowano jej jeszcze w aplikacjach o większej skali [Kotseruba, Tsotsos, 2020; Kuo, Chen, 2021].

Hierarchical Temporal Memory to technologia kognitywna oparta na architekturze neuronowej, która jest inspirowana biologicznym systemem mózgu i ma na celu modelowanie i rozumienie sekwencji danych, systemów poznawczych, w szczególności związanych z percepcją, uczeniem się i przetwarzaniem sekwencji danych czasowych [Zyarah, 2015; Zeng, Yang, 2020]. Architektura kognitywna HTM zbudowana jest z następujących modułów [Barua i in., 2020; Thanh, Phuong, 2021]:

- neuronów: HTM składa się z dużego zbioru neuronów, które są podstawowymi jednostkami przetwarzania informacji. Neurony w HTM są organizowane w hierarchiczne struktury;
- hierarchii: HTM wykorzystuje hierarchiczną strukturę, w której neurony są grupowane w różne poziomy. Każdy poziom hierarchii odpowiada za rozpoznawanie wzorców na różnych poziomach abstrakcji;
- kolumn neuronowych: w ramach każdego poziomu hierarchii HTM składa się z kolumn neuronowych. Kolumny są grupami neuronów połączonych wzdłuż jednego wymiaru. Kolumny są odpowiedzialne za rozpoznawanie wzorców lokalnych i generowanie prognoz;
- komórek miniaturowych: każda kolumna neuronowa składa się z zestawu komórek miniaturowych. Komórki miniaturowe są odpowiedzialne za przechowywanie i uczenie się sekwencji danych oraz wykrywanie powtarzających się wzorców.

Funkcjonowanie architektury kognitywnej HTM realizowane jest w następujący sposób [Fallas-Moya, Torres-Rojas, 2018; Li, Chen, 2020]:

- kodowanie sekwencji: HTM koduje dane wejściowe jako sekwencje aktywacji komórek miniaturowych w kolumnach neuronowych. Każda sekwencja reprezentuje pewien wzorec lub kontekst;
- wykrywanie wzorców: HTM wykorzystuje swoją hierarchiczną strukturę do wykrywania wzorców w danych. Na niższym poziomie hierarchii HTM rozpoznaje proste wzorce, a na wyższym poziomie rozpoznaje bardziej złożone wzorce;

- prognozowanie: HTM generuje prognozy na podstawie wykrytych wzorców. Prognozy są informacjami na temat przyszłych stanów danych na podstawie wcześniejszych sekwencji;
- uczenie się: HTM ma zdolność do uczenia się na podstawie doświadczeń. W procesie uczenia się HTM dostosowuje swoje połączenia synaptyczne, wzmacniając istotne połączenia i osłabiając mniej istotne;
- wzmacnianie kontekstu: HTM wykorzystuje kontekst do lepszego rozumienia danych. Kontekst odnosi się do poprzednich sekwencji i stanów, które są brane pod uwagę przy analizie i prognozowaniu.

Podsumowując, technologia kognitywna Hierarchical Temporal Memory (HTM) oparta jest na hierarchicznej strukturze neuronów. HTM koduje sekwencje danych, wykrywa wzorce, generuje prognozy i ma zdolność do uczenia się. Dzięki wykorzystaniu hierarchii i kontekstu HTM jest efektywnym narzędziem do analizowania i modelowania sekwencji danych, naśladując pewne aspekty działania mózgu.

8.4. Koncepcja wykorzystania technologii kognitywnej Hierarchical Temporal Memory we wspomaganiu procesu nauczania zdalnego

Technologia kognitywna Hierarchical Temporal Memory we wspomaganiu procesów na uczelniach wyższych, w tym procesu nauczania zdalnego, może realizować następujące funkcje:

- analizę danych akademickich – HTM może być wykorzystana do analizy danych akademickich, takich jak oceny studentów, wyniki egzaminów, postępy w nauce i preferencje kursów. Dzięki zdolności do wykrywania wzorców i generowania prognoz HTM może pomóc w identyfikowaniu wzorców sukcesu lub trudności u studentów oraz dostarczyć rekomendacji dotyczących optymalnej ścieżki edukacyjnej;
- personalizowane rekomendacje edukacyjne – HTM może być wykorzystane do generowania personalizowanych rekomendacji dotyczących kursów, materiałów dydaktycznych, projektów badawczych i innych zasobów edukacyjnych. Dzięki zdolności do analizowania sekwencji danych i wykrywania wzorców, HTM może dostarczyć spersonalizowanych rekomendacji, które odpowiadają preferencjom i potrzebom indywidualnych studentów;
- wykrywanie oszustw akademickich – HTM może pomóc w wykrywaniu oszustw akademickich, takich jak plagiat czy kopiowanie prac. Dzięki zdol-

ności do analizy sekwencji danych i wykrywania wzorców HTM może identyfikować nieprawidłowości w pracy studenta i wskazywać na potencjalne przypadki oszustwa;

- monitorowanie zdrowia psychicznego studentów – HTM może być stosowane do monitorowania zdrowia psychicznego studentów poprzez analizę sekwencji danych związanych z zachowaniami, komunikacją czy interakcjami. Dzięki temu można wykrywać sygnały wskazujące na możliwe problemy psychiczne lub emocjonalne i zapewnić odpowiednie wsparcie studentom w potrzebie;
- prognozowanie sukcesu studenckiego – wykorzystując zdolności prognozowania HTM, można przeprowadzić analizę danych studenckich i generować prognozy dotyczące przyszłego sukcesu studenckiego. Takie prognozy mogą być przydatne zarówno dla samych studentów, jak i dla doradców edukacyjnych, umożliwiając dostosowanie ścieżek edukacyjnych i wsparcie, aby zwiększyć szanse na sukces.

W ramach realizacji tych funkcji HTM może wspomagać procesy decyzyjne, analizę danych i generowanie spersonalizowanych rekomendacji, przyczyniając się do podwyższenia poziomu jakości edukacji na uczelniach wyższych. Zatem w sytuacji rosnącej popularności nauczania zdalnego na uczelniach wyższych zastosowanie technologii kognitywnej HTM może przyczynić się do usprawnienia tego procesu.

Źródłami danych, informacji i wiedzy, które mogą być wykorzystywane do procesu nauki zdalnej, są platformy e-learningowe, które dostarczają treści edukacyjne, materiały do nauki, ćwiczenia i testy, dane dotyczące interakcji, takie jak dyskusje w grupach, komunikacja e-mailowa, czaty online, oraz dane dotyczące postępów studentów: informacje o wynikach testów, udziale w zajęciach, złożonych zadaniach, notatkach.

Funkcje HTM wykorzystywane do nauki zdalnej to przede wszystkim rozpoznawanie wzorców czasoprzestrzennych, dzięki którym HTM może analizować sekwencje danych czasowych związanych z postępami studentów w nauczaniu zdalnym. Może również identyfikować wzorce sukcesu czy trudności w nauce bądź inne charakterystyczne zależności w danych. Na tej podstawie generowane są informacje zwrotne dla studentów i nauczycieli, dostosowując proces nauczania do indywidualnych potrzeb i preferencji. Właśnie personalizacja i adaptacja HTM jest bardzo przydatną funkcją w tym procesie. HTM może uczyć się preferencji i stylów uczenia się studentów na podstawie zebranych danych. Może dostosowywać treści edukacyjne, metody nauczania i sugestie do indywidualnych potrzeb i preferencji studentów, umożliwiając im lepsze dostosowanie procesu nauczania zdalnego do swojego tempa i stylu nauki. Kolejną

istotną funkcją jest możliwość analizowania treści edukacyjnych oferowanych przez platformy e-learningowe. Dzięki HTM można identyfikować kluczowe tematy, powiązania między nimi i wzorce wiedzy, co umożliwia lepsze zrozumienie materiału przez studentów, a nauczyciele akademicki mogą korzystać z tych informacji w celu lepszego dostosowania treści edukacyjnych do potrzeb studentów.

HTM daje również możliwość analizy danych dotyczących postępów studentów i prognozowania wyników na podstawie zebranych danych. W przypadku wykrycia obszarów wymagających większej uwagi może generować informacje umożliwiające nauczycielom akademickim wcześniejszą interwencję, dostosowanie materiałów edukacyjnych i strategii nauczania zdalnego. Dodatkowo dzięki dostarczaniu narzędzi do komunikacji, takich jak chatboty czy systemy odpowiedzi na pytania, które mogą odpowiadać na pytania studentów, udzielać wsparcia w czasie rzeczywistym i dostarczać wskazówek, wspomagana jest interakcja oraz komunikacja pomiędzy studentami i nauczycielami.

Podsumowując, sposób działania technologii kognitywnej HTM w przypadku nauczania zdalnego polega na analizie danych, rozpoznawaniu wzorców, personalizacji treści, analizie treści edukacyjnych, przewidywaniu wyników i interwencjach oraz wspomaganiu interakcji i komunikacji między studentami a nauczycielami, co znacząco wspomaga proces nauczania zdalnego na uczelniach wyższych.

Wnioski

Wykorzystanie technologii kognitywnych we wspomaganiu procesów na uczelniach wyższych może przynieść wiele korzyści i otworzyć nowe możliwości w obszarze edukacji. W niniejszych badaniach przedstawiono koncepcję wykorzystania technologii kognitywnych we wspomaganiu procesów, w szczególności nauczania zdalnego, w uczelniach wyższych.

Technologie kognitywne, takie jak Hierarchical Temporal Memory, mają potencjał do poprawy procesów edukacyjnych i wspomagania różnych obszarów działalności uczelni wyższych. Ich zdolność do analizy danych, wykrywania wzorców, generowania prognoz oraz dostarczania spersonalizowanych rekomendacji może przyczynić się do lepszej jakości nauczania, doskonalenia procesów zarządzania uczelniami oraz wsparcia studentów w osiąganiu sukcesów. Technologie kognitywne mogą być wykorzystane do analizy danych akademickich, personalizowania rekomendacji edukacyjnych, wykrywania oszustw akademickich, monitorowania zdrowia psychicznego studentów oraz prognozowa-

nia sukcesu studenckiego. Te zastosowania mogą przynieść realne korzyści dla uczelni wyższych, poprawiając efektywność procesów edukacyjnych, zwiększając zadowolenie studentów oraz wspierając rozwój jednostki akademickiej.

Wykorzystanie technologii kognitywnych we wspomaganiu procesów ma jednak pewne ograniczenia. Ich skuteczne wdrożenie wymaga odpowiedniej infrastruktury technologicznej, umiejętności personelu akademickiego oraz uwzględnienia aspektów związanych z prywatnością i bezpieczeństwem danych.

Podsumowując, technologie kognitywne mają duży potencjał wspomagania procesów realizowanych w uczelniach wyższych. Wdrożenie tych technologii może przyczynić się do podniesienia jakości nauczania, osiągania lepszych wyników przez studentów oraz opracowania innowacyjnego i dynamicznego środowiska edukacyjnego w uczelniach wyższych.

Literatura

- Barua A., Muthirayan D., Khargonekar P.P., Al Faruque M.A. (2020), *Hierarchical Temporal Memory Based Machine Learning for Real-Time, Unsupervised Anomaly Detection in Smart Grid: WiP Abstract*, 2020 ACM/IEEE 11th International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS), s. 188-189.
- Chatterjee S., Bhattacharjee K.K. (2020), *Adoption of Artificial Intelligence in Higher Education: A Quantitative Analysis Using Structural Equation Modelling*, „Education and Information Technologies”, Vol. 25, s. 3443-3463.
- Conati C., Barral O., Putnam V., Rieger L. (2021), *Toward Personalized XAI: A Case Study in Intelligent Tutoring Systems*, „Artificial Intelligence”, Vol. 298, 103503.
- Fallas-Moya F., Torres-Rojas F. (2018), *Object Recognition Using Hierarchical Temporal Memory*, Intelligent Computing Systems: Second International Symposium, ISICS 2018, Proceedings 2 Springer International Publishing, s. 1-14.
- Hawkings J., Blakeslee S. (2004), *On Intelligence: How a New Understanding of the Brain Will Lead to the Creation of Truly Intelligent Machines*, An Owl Book, Henry Holt and Company, New York.
- Hooda M., Rana C., Dahiya O., Rizwan A., Hossain M.S. (2022), *Artificial Intelligence for Assessment and Feedback to Enhance Student Success in Higher Education*, „Mathematical Problems in Engineering”, Vol. 2022(1), 5215722.
- Jiawei W., Mokmin N.A.M. (2023), *Virtual Reality Technology in Art Education with Visual Communication Design in Higher Education: A Systematic Literature Review*, „Education and Information Technologies”, Vol. 28(11), 15125-15143.
- Kotseruba I., Tsotsos J.K. (2020), *40 years of Cognitive Architectures: Core Cognitive Abilities and Practical Applications*, „Artificial Intelligence Review”, Vol. 53(1), s. 17-94.

- Kuo C.H., Chen Y.C. (2021), *Application of Hierarchical Temporal Memory Model in Intelligent Education Systems*, „International Journal of Advanced Computer Science and Applications”, Vol. 12(7), s. 281-288.
- Li Z., Chen Y. (2020), *Application of Hierarchical Temporal Memory in Intelligent Education Systems*, „Journal of Physics”: Conference Series, Vol. 1558(2), 022046.
- Luckin R. (2018), *Enhancing Learning and Teaching with Technology: What the Research Says*, UCL IOE Press. UCL Institute of Education, University of London, London.
- Maghsudi S., Lan A., Xu J., van Der Schaar M. (2021), *Personalized Education in the Artificial Intelligence Era: What to Expect Next*, „IEEE Signal Processing Magazine”, Vol. 38(3), s. 37-50.
- Pedr  F. (2020), *Applications of Artificial Intelligence to Higher Education: Possibilities, Evidence, and Challenges*, „IUL Research”, Vol. 1(1), s. 61-76.
- Thanh N.H., Phuong N.T. (2021), *Applying Hierarchical Temporal Memory to Predict Student Performance in Online Learning*, Proceedings of the International Conference on Advanced Computational Intelligence, s. 297-308.
- Zeng Y., Yang J. (2020), *Enhancing Student Learning Experience with Hierarchical Temporal Memory: A Case Study in Higher Education*, Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education, s. 134-143.
- Zyarah A.M. (2015), *Design and Analysis of a Reconfigurable Hierarchical Temporal Memory Architecture*, Rochester Institute of Technology.

Samoorganizacja podstawą automatyzacji w Przemysle 5.0

Wprowadzenie

Automatyzacja odnosi się do stosowania przez człowieka środków technicznych w procesach społeczno-gospodarczych. Nie jest nowym obszarem aktywności, jest bowiem ściśle związana z rozwojem cywilizacyjnym i postępem technicznym procesów pracy. Poszczególne stadia rozwojowe rewolucji przemysłowej opierały się na odmiennych formach organizacji pracy, które warunkowały dokonującą się automatyzację procesów pracy. Przykładowo były to: amerykański system produkcji (American System of Manufactures), taśma produkcyjna, masowa produkcja, produkcja modułowa, cloud and additive manufacturing. Natomiast współcześnie promowany Przemysł 5.0 jako ogólny wzorzec rozwojowy dla przedsiębiorstw, sektorów i gospodarek opiera się na samoorganizacji.

Celem rozdziału jest identyfikacja samoorganizacji jako odniesienia automatyzacji w Przemysle 5.0. W ramach tak zdefiniowanego zamierzenia wyjaśniono znaczenie automatyzacji w konfrontacji z pojęciami korespondującymi, tj. mechanizacją i robotyzacją. Wskazano przyczyny popularyzacji pojęcia automatyzacji, jak również przejawy negatywnych społecznych skojarzeń z tym pojęciem. W dalszej kolejności skoncentrowano się na identyfikacji zakresu działania systemów automatyzujących prace biurowe oraz specyfikę automatyzacji z perspektywy Przemysłu 4.0 i 5.0. Wątkiem kulminacyjnym jest prezentacja samoorganizacji jako wyznacznika zrobotyzowanych procesów pracy odpowiadających wymogom Przemysłu 5.0.

9.1. Mechanizacja – automatyzacja – robotyzacja

Automatyzacja w sensie ogólnym odnosi się do zastępowania pracy człowieka przez maszyny i urządzenia, w szczególności substytucji ręcznych czynności prowadzenia (kierowania, sterowania) procesów technologicznych czyn-

nościami samoczynnymi (bez udziału człowieka) [Brzeziński, 2002]. Automatyzacja dzięki stosowaniu technologii – maszyn lub robotów przemysłowych – zastępuje człowieka w zakresie wykonania części lub całości pracy w procesach produkcji dóbr i usług [Prettner, 2019]. Substytucja ta może dotyczyć pewnych czynności człowieka, względnie grup czynności wypełniających funkcje stanowiska pracy i/lub fazy produkcji dóbr i usług. W odniesieniu do procesów administracyjnych (pracy biurowej) automatyzacja to zastąpienie tradycyjnych, tj. manualnych metod przetwarzania informacji, ich skomputeryzowanymi odpowiednikami, wprowadzając tym samym znaczne oszczędności w pracochłonności.

W takim znaczeniu automatyzacja jako rezultat dokonującego się postępu technicznego procesów pracy koresponduje z pojęciami mechanizacji i robotyzacji. Termin mechanizacji stosowano już w tzw. okresie przedtaylorowskim. Przykładowo Babbage [1832] i Ure [1835] mechanizację wiązali z substytucją przez maszyny i urządzenia niebezpiecznych i bardzo męczących fizycznie prac człowieka. Natomiast zgodnie ze współczesną literaturą przedmiotu mechanizacja oznacza wprowadzenie do produkcji dóbr i usług maszyn zastępujących siłę człowieka, w tym pracę ręczną lub siłę pociągową zwierząt. Polega na stosowaniu urządzeń mechanicznych, dzięki czemu człowiek oddziałuje na maszynę zasilaną przez odrębne źródło energii, obrabiającą przedmiot pracy [Biczyński, Miedziński, red., 1991, s. 84]. Główną cechą integracji automatyzacji w procesach produkcyjnych jest zastępowanie zadań ręcznych narzędziami zmechanizowanymi [Holland, Davies, 2020]. Mechanizacja odnosi się zatem do instrumentalizacji umożliwiającej realizację pewnych czynności wykonawczych i umysłowych (heurystycznych) w procesach pracy [Martyniak, red., 1992, s. 84].

Natomiast robotyzacja oznacza zastępowanie pracy ludzkiej robotami i to zarówno w procesach produkcyjnych, jak i administracyjno-biurowych. W obydwu przypadkach sterowanie dokonuje się poprzez wprowadzony przez człowieka program bądź przez zbiór ogólnych reguł, które przy pomocy technik sztucznej inteligencji zostają przełożone na działania robota. Roboty stosowane w procesach technologicznych to roboty przemysłowe, obejmujące manipulator z napędami oraz układ sterowania z panelem programowania i interfejsem komunikacyjnym [Pilat i in., 2018].

W takim znaczeniu automatyzację można interpretować jako etap następujący po mechanizacji [Noble, 1984, s. 36; Martyniak, 1992, red., s. 17; Simon, 2007, s. 200]. A zatem mechanizacja występuje, gdy stosowane są maszyny w celu zmniejszenia obciążenia pracą robotnika, natomiast automatyzacja wówczas, gdy maszyna całkowicie przejmuje zadania wykonywane przez robotnika [Richard, 2005]. Automatyzacja może być częściowa lub pełna, gdy zapewniony jest samoczynny, a także elastyczny przebieg procesu wytwórczego bez ingeren-

cji człowieka [Musso, 2013, s. 301]. W związku z tym robotyzacja oznacza pełną automatyzację, tj. zautomatyzowane wykonanie określonych zadań oraz procesów.

9.2. Negatywne skojarzenia z zjawiskiem automatyzacji

Popularyzacja pojęcia automatyzacji nastąpiła w latach 50. XX wieku, zwłaszcza na skutek działalności Ford Motor Company, w której w 1947 roku powstał Automation Department odpowiedzialny za projektowanie elektromechanicznych, hydraulicznych i pneumatycznych mechanizmów przemieszczania komponentów i części umożliwiających połączenie autonomicznych maszyn oraz zwiększenie tempa pracy, a w 1950 roku uruchomiono pierwszą automatyczną fabrykę silników [Noble, 1984, s. 67]. Wprawdzie automatyzacja w tym przypadku odnosiła się jedynie do przemieszczania środków pracy, niemniej jednak popularyzacja tego zjawiska zaowocowała intensyfikacją badań naukowych oraz szerszą publiczną dyskusją na temat skutków postępującej automatyzacji. Przykładowo Naville, na podstawie przeprowadzonych badań w latach 1958-1959, dokonał identyfikacji społecznych skutków automatyzacji w przemyśle francuskim [Naville, 1968], natomiast Bright przeprowadził podobne badania w odniesieniu do przemysłu amerykańskiego [Bright, 1958].

Wówczas pojawiło się także wiele negatywnych wizji rozwoju automatyzacji, w tym wizja fabryki bez ludzi. Zwłaszcza w społeczeństwie USA, a w mniejszym stopniu w bardziej zniszczonej w wyniku II wojny światowej Europie Zachodniej, narastała przewaga negatywnych opinii na temat automatyzacji. Postęp techniczny wyraźnie ograniczał zatrudnienie wśród nisko kwalifikowanych pracowników. W przekazach medialnych w USA pojawiały się komunikaty, że w większości fabryk to, do czego kiedyś było potrzebnych 1000 osób, obecnie może zostać wykonane przez mniej niż 200 osób. Na ówczesnych rynkach pracy, na które powracali demobilizowani żołnierze po zakończonej II wojnie światowej, następowały wzrost bezrobocia i grupowe zwolnienia. I tak w połowie 1958 roku stopa bezrobocia osiągnęła 7,5%, General Electric zwolnił 25 tys. pracowników produkcyjnych do lata 1958 roku, natomiast General Motors ok. 28 tys. Dodatkowo tego typu turbulencje na amerykańskim rynku pracy zostały nazwane w listopadowym wydaniu z 1958 roku miesięcznika „The Notion” mianem „automation depression” [Wartzman, 2017].

Wizja bezrobocia, powrotu do niższego poziomu życia na skutek wieszczonego spadku ilości pracy dla ludzi zastępowanych przez zautomatyzowane procesy produkcji dóbr i usług wzmacniała negatywne skojarzenia z samym pojęciem

„automatyzacja”. W General Electric, gdzie już od lat 40. XX wieku trwały intensywne prace nad automatyzacją zwłaszcza procesów biurowych, w tym informacyjnych, zabroniono używać tego pojęcia, aby nie potęgować negatywnych skojarzeń opinii publicznej. Na tle tego typu tendencji 19 sierpnia 1964 roku prezydent USA Lyndon B. Johnson powołał komisję (National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress), której celem była identyfikacja wpływu rozwoju technologii, w tym sztucznej inteligencji, na gospodarkę i rynek pracy. Rezultaty prac komisji opublikowano w 1966 roku, a ich kluczowym wnioskiem była konstatacja, że automatyzacja i rozwój technologii, w tym sztuczna inteligencja, nie muszą eliminować pracy dla człowieka, dodatkowo jeśli tylko właściwie się do niej przygotować, zjawiska te mogą wspierać wzrost gospodarczy i społeczny dobrobyt [Autor, 2015].

Chociaż automatyzacja była początkowo stosowana głównie w przemyśle motoryzacyjnym, obecnie jest szeroko rozpowszechniona w coraz większej ilości branż i sektorów [Frohm i in., 2008]. Efekt zastępowania pracy robotami i innymi nowoczesnymi maszynami wynika głównie z poszukiwania sposobów optymalizacji procesów, jakości i wydajności danej struktury produkcyjnej, w szczególności zdalne sterowanie przez komputery, stosowanie sztucznej inteligencji i robotów przemysłowych [Acemoglu, Restrepo, 2019]. Obecnie przeżywamy okres szybkiej i wyrafinowanej automatyzacji, która wykracza poza proces produkcyjny, coraz częściej wiąże się z powstawaniem mieszanych zespołów roboczych składających się z ludzi i robotów [Pinheiro i in., 2023]. Biorąc pod uwagę umiejętności robotów, ich coraz szersze wykorzystanie wynika z potrzeby elastyczności, szybkości, wydajności i wysokiej jakości produkcji, ale także z konieczności ograniczenia negatywnego wpływu pracy człowieka na środowisko, zwiększenia bezpieczeństwa ludzi w wykonywaniu określonych zadań oraz optymalizacji przestrzeni [Esmaeilian i in., 2016].

9.3. Zakres działania systemów automatyzujących prace biurowe

Automatyzacja procesów produkcji opiera się przede wszystkim na stosowaniu robotów przemysłowych, które zwiększają produktywność linii montażowych. Roboty przemysłowe stosowane są także coraz częściej w realizacji elastycznych działań w usługach, np. smażenie hamburgerów, wydawanie lekarstw w aptekach szpitalnych, czy woluminów w tradycyjnych oraz wirtualnych bibliotekach i czytelnich. W automatyzacji procesów stosuje się coraz częściej technologie kognitywne (przetwarzanie języka naturalnego, uczenie

maszynowe, sztuczna inteligencja), bowiem technologie te okazują się skuteczniejsze aniżeli człowiek w realizacji działań do niedawna uważanych za typowo ludzkie.

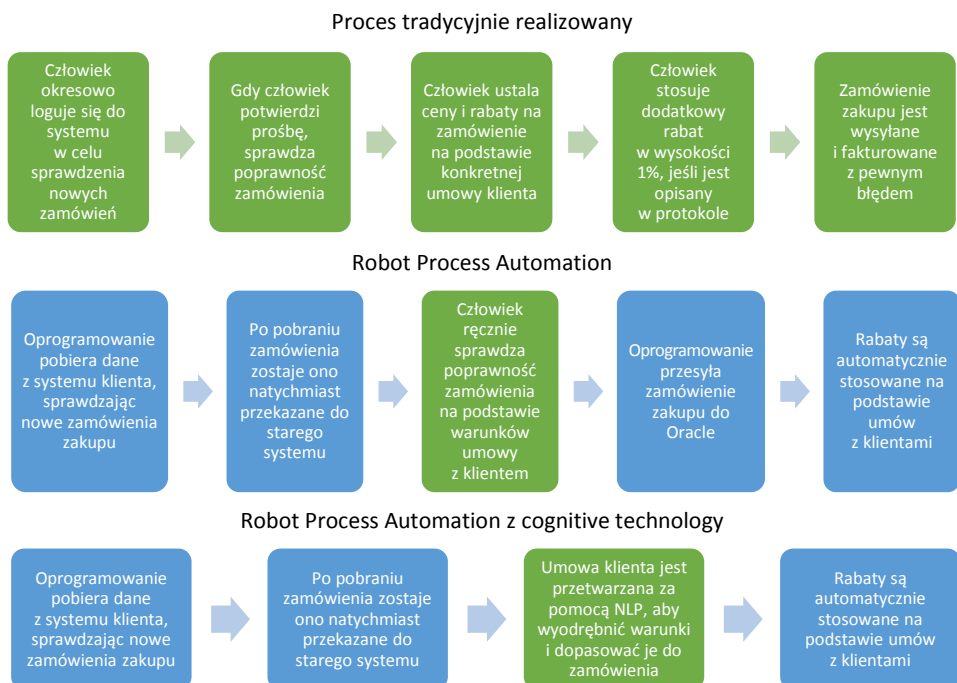
Na niespotykaną dotąd skalę automatyzuje się procesy administracyjno-biurowe lokowane w centrach usług wspólnych, do czego wykorzystuje się oprogramowanie komputerowe umożliwiające zautomatyzowany transfer i przetwarzanie informacji w środowisku wirtualnym, określane jako RPA (Robotic Process Automation) [Rhenus..., 2018]. Narzędzie RPA umożliwia tworzenie robotów programowych przy użyciu kreatorów graficznych (lub alternatywnie poprzez rejestrowanie czynności wykonywanych przez człowieka-operatora). Rozwiązania tego typu umożliwiają automatyzowanie powtarzalnych, opartych na regułach procesów, zwykle wykonywanych przez osoby siedzące przed komputerami. Dzięki interakcjom z aplikacjami systemy RPA, podobnie jak człowiek, mogą otwierać załączniki do wiadomości e-mail, wypełniać i odczytywać formularze elektroniczne, zapisywać i zmieniać dane oraz wykonywać inne zadania. W takim znaczeniu RPA można postrzegać jako wirtualną siłę roboczą odpowiednią nie tylko dla zadań w ramach middle i back office, ale coraz częściej także front office. Istnieją bowiem aplikacje, w których oprogramowanie wspomaga pracowników front office (np. systemy monitorujące agentów contact/call center podczas interakcji z klientem i automatycznie archiwizujące notatki z odbytych rozmów z klientami), ale także ich zastępuje [Nice, 2016].

Sobczak, dokonując systematyzacji pojęć RPA, sformułował następujące cechy tego rozwiązania [Sobczak, 2019]:

- działają na podstawie zadanego algorytmu, ale coraz częściej są wzbogacane o pewne elementy sztucznej inteligencji, dzięki czemu są w stanie podejmować bardziej złożone decyzje (np. uczą się na podstawie dostarczonych danych – zarówno ustrukturyzowanych, jak również nieustrukturyzowanych);
- automatyzują masowe operacje (tj. wykonywane wielokrotnie w założonej jednostce czasu, np. w ciągu miesiąca lub roku), wykonywane dotychczas przez operatora, najczęściej poprzez ich wierne odwzorowanie;
- wykonują operacje bezpośrednio na graficznym interfejsie użytkownika systemów informatycznych, podobnie jak robi to człowiek – operator (choć niektóre narzędzia RPA pozwalają na wykonywanie operacji bezpośrednio na warstwie danych);
- stosują logikę biznesową, która stanowi integralną część aplikacji, z którymi będzie pracował robot programowy, co eliminuje problem odwzorowania takiej logiki, jaki występuje w tradycyjnych modelach integracji systemów lub rozwoju.

Popularyzacja rozwiązań RPA w środowisku biznesowym powoduje, że dostawcy tego typu rozwiązań dążą do uczynienia ich na tyle intuicyjnymi

w obsłudze, aby przedstawiciele jednostek biznesowych mogli je obsługiwać samodzielnie, tj. bez wsparcia lub przy minimalnym wsparciu działów IT. Jednocześnie A. Sobczak zwraca uwagę na orientację w literaturze przedmiotu, zgodnie z którą rozwiązania RPA traktuje się jako określoną klasę oprogramowania z określonym zestawem funkcji, ale także jako szczególny rodzaj zmiany organizacyjno-technologicznej (której nieodłącznym elementem jest implementacja określonego oprogramowania). Dynamiczny rozwój tej klasy systemów powoduje, że stosowane są w zróżnicowanych zakresach zadań w organizacjach. W ten sposób stosowane w organizacjach systemy RPA kreują nowe, tj. hybrydowe środowisko pracy, tj. spójny zestaw narzędzi informatycznych (aplikacje biznesowe i roboty programowe), procesy i procedury, a także osoby o określonych kompetencjach i umiejętnościach, realizujące określone procesy biznesowe i przetwarzające określone dane [Sobczak, 2019]. Rozwiązania klasy RPA stosuje się począwszy od automatyzacji powtarzalnych czynności ludzkich aż po umiejscowienie jej w centrum systemów, których elementami są: sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego, umiejętności poznawczych, ale również roboty linii produkcyjnych czy emulatory naciśnięcia klawiszy [Syed i in., 2020].



Rys. 1. Typy systemów RPA

Źródło: Schatsky i in. [2016].

Rozwiązania tego typu stosowane wraz z technologiami kognitywnymi, tj. rozpoznawaniem mowy, przetwarzaniem języka naturalnego i uczeniem maszynowym, pozwalają zautomatyzować zadania percepcyjne oraz wymagające analizy i oceny informacji, dotychczas zarezerwowane dla człowieka. Integracja kognitywnych technologii z robotyzacją procesów umożliwia automatyzację coraz to nowych obszarów biznesowych oraz pozwala podnosić poziomu efektywności i elastyczności w dostarczaniu wartości klientom (zob. rys. 1).

Potencjalne korzyści stosowania RPA mogą obejmować: redukcję kosztów (głównie poprzez spadek zatrudnienia), obniżenie wskaźnika błędów, poprawę świadczonych usług, skrócenie czasu realizacji, zwiększenie skalowalności operacji i poprawę zgodności (*compliance*). Na przykład duży bank konsumencki i komercyjny przeprojektował proces roszczeń (skarga, zażalenie) i wdrożył 85 robotów, realizujących 13 procesów, obsługujących 1,5 mln spraw rocznie. W rezultacie bank był w stanie zwiększyć wydajność odpowiadającą około 230 pełnoetatowym pracownikom, ponosząc ok. 30% dotychczasowych kosztów realizacji tego typu zadań. Dodatkowo bank zanotował 27% wzrost spraw załatwionych poprawnie za pierwszym razem (tj. bezbłędnie, bez poprawek). Oprócz automatyzacji istniejących procesów, firmy wykorzystują roboty do wdrażania nowych procesów, które w przeciwnym razie byłyby niemożliwe. Przykładowo brytyjski oddział Shop Direct stosuje RPA w celu identyfikacji klientów dotkniętych powodziami i automatycznie usuwa zaległe płatności z ich kont [Syed i in., 2020].

Aktualnie w automatyzacji i robotyzacji procesów coraz częściej stosuje się rozwiązania opierające się na sztucznej inteligencji (AI), aby zwiększyć możliwości maszyn i urządzeń w zakresie realizacji funkcji zwykle wymagających ludzkich zdolności. Oznacza to, że te narzędzia i maszyny mają symulować ludzkie zdolności nie tylko do wykonywania określonych zadań, ale także zastępować (wspierać) człowieka w zakresie zadań wymagających zdolności poznawczych. Sztuczna inteligencja pozwala zatem maszynom rozumieć polecenia, rozwiązywać problemy, a nawet samodzielnie podejmować decyzje. Takie możliwości można powiązać ze zdolnością systemów sztucznej inteligencji do obsługi i analizowania ogromnych ilości danych, co przykładowo umożliwia monitorowanie, kontrolę i optymalizację procesów w czasie rzeczywistym [Sarker, 2022].

9.4. Automatyzacja w koncepcjach Przemysłu 4.0 i 5.0

Współcześnie automatyzacja procesów biznesowych, zarówno produkcyjnych, jak i biurowych, do niedawna była odnoszona do koncepcji Przemysłu 4.0, zakładającej stosowanie technologii cyfrowych, w tym: Internetu rzeczy, robo-

tyzacji oraz tzw. cloud and additive manufacturing, dzięki którym procesy produkcji dóbr i usług są autonomiczne, elastyczne i o wyższej produktywności [Ejsmont i in., 2020]. W drugiej dekadzie XXI wieku Przemysł 4.0 stał się globalnym standardem nowo projektowanych procesów produkcji [Breque i in., 2021], który umożliwił automatyzację zwłaszcza prac rutynowych, ale także w coraz większym zakresie prac umysłowych, w tym: wykonawczych, decyzyjnych, doradczych, analitycznych, menedżerskich [Frey, Osborne, 2017; WEF 2023]. W ten sposób ograniczano zatrudnienie w automatyzowanych procesach pracy, co wynikało także z tego, że pracownicy nieposiadający wystarczających kompetencji do obsługi zautomatyzowanych i zdigitalizowanych procesów produkcyjnych byli przesuwani do innych prac o niższej produktywności, z relatywnie niższymi wynagrodzeniami. W ten sposób w Przemysle 4.0 wielu grupom pracowników zostały ograniczone możliwości rozwoju zawodowego, w tym: ścieżki rozwoju karier, możliwości uczenia się pracowników i poziom wiedzy pracowników o procesach produkcji dóbr i usług [Margherita, Braccini, 2021].

Po blisko dwóch dekadach doświadczeń związanych z Przemysłem 4.0 okazało się, że koncepcja ta, wypromowana i eksplorowana przez Niemcy – wiodącą gospodarkę początku XXI wieku, okazała się atrakcyjna zwłaszcza dla państw realizujących podobną strategię rozwoju gospodarczego. Przykładowo Inicjatywa rządowa „Made in China 2025” opiera się na koncepcji Przemysłu 4.0, koncentrując się na ożywieniu chińskiego przemysłu i osiągnięciu płynnej zmiany. Dodatkowo Przemysł 4.0 w ograniczonym zakresie uwzględniał zasady sprawiedliwości społecznej i zrównoważonego rozwoju, promując cyfryzację i nowoczesne technologie w celu zwiększenia wydajności i elastyczności produkcji oraz ograniczenia kosztów wynagrodzeń, poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na siłę roboczą [Pinheiro i in., 2023]. Jednak jak pokazał kryzys energetyczny wywołany agresją Rosji na Ukrainę w lutym 2022 roku sukcesy gospodarcze Niemiec były warunkowane przede wszystkim dostępnością do tanich surowców importowanych z Rosji. Wzrost cen surowców energetycznych w 2022 roku spowolnił wzrost gospodarczy Niemiec, odczuwalnie już w 2023 roku [Economist, 2023], obniżając oczekiwania dotyczące wzrostu PKB w 2024 roku do 0,3% [EC, 2024], w porównaniu z wcześniejszymi szacunkami na poziomie 1,3% [Sorge, 2024].

Na tle ograniczeń koncepcji Przemysłu 4.0, zwłaszcza deklaratywnego podejścia do wielu kwestii społecznych i środowiskowych, aktualnie zyskującą na atrakcyjności jest tzw. koncepcja Społeczeństwa 5.0 zaprezentowana w 2016 roku przez Keidanren – najważniejszą federację biznesową w Japonii, a następnie wypromowaną przez japoński rząd jako narodowa strategia, polityka, a nawet filozofia transformacyjna gospodarki. Społeczeństwo 5.0 (oraz promowany na jej podstawie termin Przemysł 5.0) stara się zrównoważyć rozwój gospodarczy

z rozwiązywaniem problemów społecznych i środowiskowych poprzez integrację przestrzeni fizycznej i wirtualnej. Na podstawie takiego podejścia zaawansowane technologie informatyczne, Internet rzeczy, roboty, sztuczna inteligencja i rozszerzona rzeczywistość mają być aktywnie wykorzystywane w życiu codziennym, przemyśle, służbie zdrowia i innych sferach działalności, przede wszystkim dla korzyści i wygody każdego obywatela. Przemysł 5.0 promuje współzależność pomiędzy człowiekiem i maszyną oraz zakłada połączenie technologii z ludzką inteligencją [Breque i in., 2021]. Przemysł 5.0 ma odpowiadać na nowe wyzwania przemysłowe, społeczne oraz środowiskowe, którym w ograniczonym zakresie sprostał Przemysł 4.0. Oznacza to, że technologie Przemysłu 5.0 mają za zadanie dostosować się do pracownika (a nie odwrotnie), z jednoczesnym stosowaniem określonego podejścia systemowego do przedsiębiorstwa i rozwoju społeczno-gospodarczego [Breque i in., 2021].

Przemysł 5.0 jest więc nadal napędzany postępem technologicznym i automatyzacją, promując względnie nowe, bo znane już od kilku dekad koncepcje, tj. obiegu zamkniętego i zrównoważonego rozwoju, ale także zwraca uwagę na intensywne stosowanie rozwiązań opartych na serwityzacji i tzw. digital twins w łańcuchach generowania wartości w gospodarce.

9.5. Samoorganizacja wyznacznikiem automatyzacji w Przemysle 5.0

Automatyzowane i digitalizowane procesy pracy w Przemysle 5.0 projektowane w sposób optymalizujący dobrostan człowieka i kryteria efektywnościowe produkcji dóbr i usług w centralnym miejscu stawiają czynnik ludzki organizacji. W takich procesach pracy samoorganizację można zatem traktować jako wyznacznik zrobotyzowanych procesów pracy odpowiadających wymogom Przemysłu 5.0.

Samoorganizacja jako pojęcie względnie nowe, bo powstałe w ramach paradygmatu złożoności, który tworzyli fizycy, chemicy i matematycy, zostało po raz pierwszy użyte przez Ashby'ego – angielskiego psychiatrę i pioniera cybernetyki w latach 40. XX wieku. Natomiast spopularyzowali to pojęcie fizycy badający w latach 70. i 80. XX wieku tzw. Complex Adaptive Systems. Wówczas także w zarządzaniu podjęto pierwsze próby stosowania koncepcji samoorganizacji¹ w usprawnieniach wprowadzanych na gruncie przedsiębiorstw. Po-

¹ W świetle nauk o zarządzaniu i jakości samoorganizacja to pojęcie ogólne odnoszące się do zespołowych form organizacji pracy, za pośrednictwem których spełniane są funkcje: wykonywania pracy i zarządzania pracą nadającą podejmowanym inicjatywom atrybuty działania zorganizowanego. Samoorganizacja wiąże się z autonomią odniesioną do obszaru aktywności zespołu, w którym nastąpiło zintegrowanie (zespoleń) poziomemu zarządzaniu i wykonywaniu pracy.

czątkowo samoorganizację stosowano w sektorze produkcji, następnie także w innych sektorach i branżach usługowych. Przeprowadzone badania potwierdziły, że stosowanie takich rozwiązań przyczyniło się do wzrostu produktywności w gospodarce amerykańskiej w drugiej połowie lat 90. XX wieku. Wówczas ponad połowa największych firm w USA i Wielkiej Brytanii stosowała zespoły samokierujące się. Wdrażanie samoorganizujących się zespołów zwiększyło autonomię pracowników, prowadząc do większej satysfakcji z pracy [Maurits i in., 2017]. Potwierdzono związek niższej rotacji pracowników z pracą w samoorganizującym się zespole [Maurits i in., 2015]. W toku badań wykazano także, że zespoły z samoorganizacją cechują się wyższym poziomem jakości rezultatów prac zespołowych, także wyższą jakością usług publicznych [Magpili, Pazos, 2018]. Generalnie badania nad zespołami samokierującymi się, samozarządzanymi (*self-managed teams*, *self-directed work team*) wykazały zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki (zob. tabela 1). Kluczowa bariera wdrożenia samoorganizacji leży bowiem po stronie podsystemu społecznego organizacji, odnoszącego się w sensie ogólnym do kultury organizacyjnej i kompetencji członków zespołów w zakresie: samoorganizacji, komunikowania się i uzgadniania określonych wariantów decyzji i działań spełniających kryteria działań zorganizowanych.

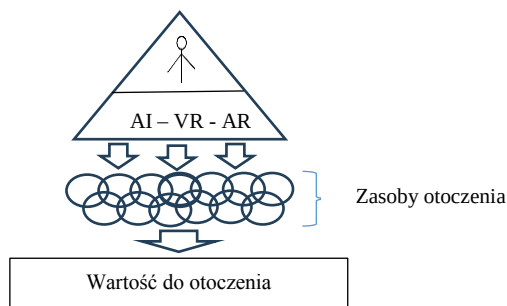
Tabela 1. Zalety, wady i bariery wdrożeniowe zespołów korespondujących z samoorganizacją

Zalety	Wady	Bariery wdrożenia
1) ograniczenie ilości stanowisk dozoru (poprzez promowanie auto-kontroli), 2) ograniczenie zatrudnienia, 3) wzrost wyników działalności, 4) wyższa satysfakcja z wykonywanej pracy; jednak nie potwierdzono dodatniego wpływu takich zespołów na wzrost automotywacji, zaangażowania i zadowolenia z pracy pracowników, 5) niższe koszty funkcjonowania takich zespołów, 6) wyższa produktywność i zaangażowanie członków zespołu, 7) wyższe parametry jakościowe produktów, 8) wyższa innowacyjność takich zespołów i kreatywność pracowników	1) obniżenie poczucia bezpieczeństwa i stabilności zatrudnienia, 2) obawa przed utratą pracy, 3) wyższy stres wywołany pracą, 4) wzrost absencji i fluktuacji (zwolnienia, chorobowe, derekrutacja), 5) wzrost prawdopodobieństwa wypalenia zawodowego, 6) ryzyko konfliktów w zespole	1) niewłaściwe przeszkolenie pracowników, 2) niskie umiejętności komunikowania się, 3) skłonność jednostek i zespołów do nieetycznych zachowań wobec interesariuszy, 4) niekompatybilność (nie-dostosowanie) systemów organizacyjnych, 5) opór kierowników liniowych, 6) brak wsparcia ze strony naczelnego kierownictwa, 7) niewłaściwa metodyka wdrożenia

Źródło: Opracowanie własne.

Znacznie większy zakres aktualnie automatyzowanych prac powoduje, że samoorganizacja wydaje się szczególnie atrakcyjną współcześnie formą organi-

zacji pracy. Samoorganizacja egzemplifikuje bowiem wiodącą rolę człowieka w systemie, pełniącego rolę uczestnika i decydenta, ale także jedyne integratora zasobów organizacji. Organizacji często z ograniczonymi kontaktami osobistymi, gdzie w coraz większym zakresie prace człowieka podlegają efektowi substytucji przez podsystem techniczny (zob. rys. 1). Rozwijająca się współczesna technologia, w szczególności: sztuczna inteligencja (AI), rozszerzona i wirtualna rzeczywistość (Augmented Reality – AR, Virtual Reality – VR), oraz stosowanie jej w procesach organizacyjnych ogranicza rolę człowieka w procesach produkcji oraz projektowania wyrobów i usług, procesach informacyjnych, analizy i oceny informacji, wspierając w coraz większym zakresie procesy decyzyjne. Jednak ograniczanie udziału człowieka w procesach pracy poprzez stosowanie rozwiązań technologicznych powoduje jednocześnie to, że znaczenie człowieka we współczesnych zautomatyzowanych i zrobotyzowanych procesach pracy sukcesywnie wzrasta. Zasadniczo czynnik ludzki aktualnie staje się coraz rzadszym zasobem w porównaniu do innych technologicznych, rzeczowych, finansowych. Zatem jego wartość w procesie generowania wartości wzrasta, uczestniczy on bowiem w kluczowych elementach procesów, które nie podlegają automatyzowaniu [Autor, 2015].



Rys. 2. Ideowa koncepcja samoorganizacji w zarządzaniu

Źródło: Opracowanie własne.

Samoorganizacja egzemplifikuje zatem autonomię agentów (zespołów i aktorów organizacyjnych) w zakresie swobody ustalania reguł, zasad i standardów pracy. Uwzględnia postulaty systemowe, w szczególności zakłada się, iż żaden system będący częścią systemu bardziej globalnego nie może być całkowicie autonomiczny (niezależny). Konieczna zależność w tym ujęciu dotyczy np. zasobów, rynków, technologii, natomiast autonomia odnosi się do struktury, zasad i metod zarządzania oraz kierunków rozwoju, które nie mogą być narzucane przez instancję zewnętrzną – są uzgadniane zespołowo przez członków samoorganizacji. W rezultacie samoorganizacja, będąc zależną względem systemów cechujących się wyższym poziomem złożoności, zdeterminowana jest poprzez:

zasoby, rynki i technologie. Oznacza to, iż zespół będzie przejawiał na tyle wysoki stopień samoorganizacji, na ile pozwalają na to będą wykorzystywane zasoby, ludzie i technologie. Przy czym wydaje się, iż najistotniejszy wpływ na dopasowanie rozwiązań organizacyjnych w zbiorze tych czynników wykazują technologie produkcji dóbr i usług, które dostosowane są do oczekiwanego przez klienta produktu przekazywanego do otoczenia.

Wnioski

Narzędzia automatyzacji umożliwiają skuteczniejszą kontrolę oraz optymalizację procesów z większą dokładnością. Narzędzia te niosą ze sobą pewne korzyści, takie jak przyspieszenie tempa generowania danych i znaczne minimalizowanie niespójności spowodowanych błędami ludzkimi [Doulgkeroglou i in., 2020]. Dzieje się tak częściowo dlatego, że w przeciwieństwie do ludzi systemy zautomatyzowane nie są podatne na rozproszenie uwagi oraz zmęczenie psychiczne i fizyczne. Postęp automatyzacji będzie odbywał się zgodnie z wytycznymi Przemysłu 5.0, tak aby w rozwoju technologicznym, podnosząc poziom efektywności procesów, respektować uwarunkowania społeczne i środowiskowe. Skuteczność takiej orientacji będzie warunkowana stosowaniem samoorganizacji jako formy organizacji pracy zespołu ludzi przy określonej strukturze technicznej procesów pracy. W tym celu niezbędne jest jednak wypracowanie nowych sposobów pracy i współpracy na różnych poziomach łańcuchów tworzenia wartości sektorów i przedsiębiorstw. Należy dokonać z jednej strony refleksji nad współczesnymi podejściami, koncepcjami, metodykami i metodami zarządzania, tak aby dostosować je do aktualnych technologii stosowanych w procesach pracy w celu podnoszenia sprawności zarządzania samoorganizacją ze zrobotyzowanymi procesami produkcji dóbr i usług. Z drugiej zaś strony należy dokonać identyfikacji nowych obszarów badań w naukach o zarządzaniu i jakości, pojawiających się na rozmytym styku aktywności człowieka i technologii we współczesnej organizacji. Na tej podstawie możliwe stanie się zaprojektowanie także nowych narzędzi doskonalenia współczesnych procesów pracy i całych instytucji funkcjonujących w wysoce zautomatyzowanym otoczeniu.

Literatura

- Acemoglu D., Restrepo P. (2019), *Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor*, IZA Institute of Labor Economics, Discussion Paper Series No. 12293.
- Autor D.H. (2015), *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, „Journal of Economic Perspectives”, Vol. 29(3), s. 3-30.

- Babbage Ch. (1832), *On the Economy of Machinery and Manufactures*, Charles Knight, London.
- Biczyński S., Miedziński B., red. (1991), *Słownik Ekonomiki i organizacji przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa.
- Breque M., De Nul L., Petridis A. (2021), *Industry 5.0 – Towards a Sustainable, Human-centric and Resilient European Industry*, Publications Office of the European Union, Brussels.
- Bright J. (1958), *Automation and Management*, Division of Research Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston.
- Brzeziński M. (2002), *Organizacja i sterowanie produkcją. Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.
- Doulgeroglou M.N., Di Nubila A., Niessing B., König N., Schmitt R.H., Damen J., Szilvassy S.J., Chang W., Csontos L., Louis S., Kugelmeier P., Ronfard V., Bayon Y., Zeugolis D.I. (2020), *Automation, Monitoring, and Standardization of Cell Product Manufacturing*, „Frontiers in Bioengineering and Biotechnology”, Vol. 8.
- EC (2024), *Economic Forecast for Germany, The Latest Macroeconomic Forecast for Germany*, 15/02/2024, European Commission, <https://economy-finance.ec.europa.eu/> (dostęp: 5.03.2024).
- Economist (2023), *The German Economy: From European Leader to Laggard*, „The Economist”, Aug 17th, <https://www.economist.com/finance-and-economics/2023/08/17/the-german-economy-from-european-leader-to-laggard> (dostęp: 5.03.2024).
- Ejsmont K., Gladysz B., Corti D., Castaño F., Mohammed W.M., Martinez Lastra J.L. (2020), *Towards ‘Lean Industry 4.0’ – Current Trends and Future Perspectives*, „Cogent Business & Management”, Vol. 7(1).
- Esmaeilian B., Behdad S., Wang B. (2016), *The Evolution and Future of Manufacturing: A Review*, „Journal of Manufacturing Systems”, Vol. 39, s. 79-100.
- Esposito A. (2008), *Skill: An Elusive and Ambiguous Concept in Labour Market Studies*, „Australian Bulletin of Labour”, Vol. 34(1).
- Frey C.B., Osborne M.A. (2017), *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?* „Technological Forecasting and Social Change”, Vol. 114, s. 254-280.
- Frohm J., Lindström V., Stahre J., Winroth M. (2008), *Levels of Automation in Manufacturing*, „Ergonomia-International Journal of Ergonomics and Human Factors”, Vol. 30(3).
- Goos M., Manning A., Salomons A. (2009), *Recent Changes in the European Employment Structure: The Roles of Technological Change*, <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/256315/1/> (dostęp: 25.01.2018).
- Holland I., Davies J.A. (2020), *Automation in the Life Science Research Laboratory*, „Frontiers in Bioengineering and Biotechnology”, Vol. 8.

- Magpili N.C., Pazos P. (2018), *Self-managing Team Performance: A Systematic Review of Multilevel Input Factors*, „Small Group Research”, Vol. 49(1), s. 3-33.
- Margherita E., Braccini A. (2021), *Managing Industry 4.0 Automation for Fair Ethical Business Development: A Single Case Study*, „Technological Forecasting and Social Change”, Vol. 172, November.
- Martyniak Z., red. (1992), *Wpływ postępu techniczno-organizacyjnego na poziom i strukturę trudności prac administracyjno-biurowych*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- Maurits E.E., de Veer A J., Groenewegen P.P., Francke A.L. (2017), *Home-care Nursing Staff in SELF-directed Teams Are More Satisfied with Their Job and Feel They Have More Autonomy over Patient Care: A Nationwide Survey*, „Journal of Advanced Nursing”, Vol. 73(10), s. 2430-2440.
- Maurits E.E., de Veer A.J., Lucas S. van der Hoek, Francke A.L. (2015), *Autonomous Home-care Nursing Staff Are More Engaged in Their Work and Less Likely to Consider Leaving the Healthcare Sector: A Questionnaire Survey*, „International Journal for Nursing Studies”, Vol. 52(12), s. 1816-1823.
- Musso S. (2013), *Labor in the Third Industrial Revolution* [w:] G. Dosi, L. Galambos (eds.), *The Third Industrial Revolution in Global Business*, Cambridge University Press, New York, s. 300-325.
- Naville P. (1968), *Spoleczne skutki automatyzacji. Problemy pracy i automatyzacji*, Książka i Wiedza, Warszawa.
- NICE (2016), *Robotic Process Automation*, www.nice.com/engage/back-office-performance/robotic-automation (dostęp: 29.08.2018).
- Noble D. (1984), *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*, Knopf-Random House, New York.
- Pilat Z., Klimasara W., Pachuta M., Słowikowski M. (2019), *Some New Robotization Problems Related to the Introduction of Collaborative Robots into Industrial Practice*, „Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems”, Vol. 13(4), s. 91-97.
- Pinheiro A., Sochirca El., Afonso O., Neves P.C. (2023), *Automation and Off(re)shoring: A Meta-regression Analysis*, „International Journal of Production Economics”, Vol. 264.
- Prettner K. (2019), *A Note on the Implications of Automation for Economic Growth and the Labor Share*, „Macroeconomic Dynamics”, Vol. 23 (3), s. 1294-1301.
- Rhenus Data Office Polska (2018), *Co to jest Robotic Process Automation (RPA)?*, <https://www.rhenus-data.pl/pl/uslugi/bpo-bpm-software-roboty/robotic-process-automation/> (dostęp: 14.12.2018).
- Richard R.B. (2005), *Industrialised Building Systems: Reproduction Before Automation and Robotics*, „Automation in Construction”, Vol. 14(4), s. 442-451.
- Sarker I.H. (2022), *AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems*, „SN Computer Science”, Vol. 3(158).

- Schatsky D., Muraskin C. (2016), *Robotic Process Automation: A Path to the Cognitive Enterprise*, Deloitte University Press, Signals for Strategists, s. 2-3, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/signals-for-strategists/cognitive-enterprise-robotic-process-automation.html>.
- Simon H.A. (2007), *Podjęmowanie decyzji i zarządzania ludźmi w biznesie i administracji*, Helion, Gliwice.
- Sobczak A. (2019), *Developing a Robotic Process Automation Management Model*, „Informatyka Ekonomiczna – Business Informatics”, Vol. 2(52), s. 85-100.
- Sorge P. (2024), *Germany to Slash 2024 Growth Forecast to 0.2%, Minister Says*, „Bloomberg”, 14.02.2024, Investing.com, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-02-14/germany-to-slash-2024-growth-forecast-to-0-2-minister-says?embedded-checkout=true> (dostęp: 12.04.2024).
- Syed R., Suriadi S., Adams M., Bandara W., Leemans S.J., Ouyang C., Hofstede A.H., Weerd I., Wynn M.T., Reijers H.A. (2020), *Robotic Process Automation: Contemporary Themes and Challenges*, „Computers in Industry”, Vol. 115, 103162.
- Ure A. (1835), *Philosophy of Manufactures*, H.G. Bohn, London.
- Wartzman R. (2017), *The First Time America Freaked Out Over Automation*, „Politico Magazin”, 30.05.2017, <https://www.politico.com/magazine/story/2017/05/30/rick-wartzman-book-excerpt-automation-donald-trump-215207/> (dostęp: 15.03.2024).
- WEF (2023), *Future of Jobs Report 2023. Insight Report May 2023*, World Economic Forum, Cologny/Geneva, <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/> (dostęp: 4.02.2024).

Automatyzacja procesu deklaracji celnej na przykładzie międzynarodowej firmy logistycznej

Wprowadzenie

Firmy logistyczne działające na rynku międzynarodowym są zobowiązane do przygotowania poprawnych prawnie deklaracji celnych dla towarów importowanych lub tranzytowych spoza Unii Europejskiej (UE) oraz eksportowanych poza jej obszar [Gwardzińska, Gwardzińska-Chowaniec, Chowaniec, 2023]. W całej Unii Europejskiej przepisy celne są takie same dla wszystkich jej członków, ponieważ obowiązuje Unijny Kodeks Celny [Union Customs Code, 2013]. Wprowadzenie tych jednolitych zasad miało m.in. na celu i zarazem przyczyniło się do zwiększenia obsługi deklaracji celnej drogą elektroniczną [Truel, Maganaris, 2015; Kholmurodovich, Abdurahmonovich, Tokhtasinovich, 2019]. Zgodnie z Unijnym Kodeksem Celnym importem oraz eksportem towarów zajmują się krajowe urzędy celne, które wymagają przesyłania elektronicznie deklaracji celnych [Lyons, 2018; Gwardzińska, Gwardzińska-Chowaniec, Chowaniec, 2023]. Odbywa się to w ramach wewnętrznych urzędowych systemów informatycznych do cyfryzacji przebiegu dokumentów w danym kraju [Yakovleva, 2020].

Firmy zobowiązane do przygotowania deklaracji celnej mogą skorzystać z gotowego systemu istniejącego w danym kraju lub wdrożyć certyfikowany moduł do przygotowania deklaracji celnej zintegrowany z systemem ERP. W pierwszym wariancie nie ma jednolitego podejścia stosowanego we wszystkich krajach. Na przykład w Holandii i w Niemczech firma płaci za każdy przygotowany w ten sposób dokument. Natomiast w drugim wariancie firma ponosi koszty początkowe związane z zakupem oprogramowania, bez naliczania już opłaty za wygenerowaną deklarację celną. W każdym z wyżej wymienionych rozwiązań wypełnienie deklaracji celnej następuje ręcznie. Taki dokument może zawierać od kilku do ponad stu pozycji towarów, a zatem zajmuje sporo czasu. Dodatkowo szybki rozwój handlu elektronicznego doprowadził do wykładniczego wzrostu towarów, co stanowi wyzwanie dla tradycyjnych modeli odprawy granicznej

w wielu krajach [Blegen, 2020]. W związku z tym w firmach logistycznych obsługujących rynki międzynarodowe pojawiła się potrzeba automatyzacji przygotowania deklaracji celnych w celu zminimalizowania pracy pracowników oraz liczby błędów popełnianych podczas wprowadzania danych. Celem rozdziału jest przedstawienie zaproponowanej modyfikacji procesu deklaracji celnej poprzez zautomatyzowanie czynności dotychczas wykonywanych przez pracowników na przykładzie międzynarodowej firmy logistycznej.

W następnym punkcie omówiono aspekty związane z przygotowaniem deklaracji celnej. Następnie przedstawiono zastosowaną metodykę w badaniu, aby w kolejnych punktach opisać jej etapy, tzn. proces działania systemu do deklaracji celnej w badanej międzynarodowej firmie logistycznej, propozycję modyfikacji oraz walidację zaproponowanego rozwiązania. W kolejnym punkcie zaprezentowano koncepcję zastosowania sztucznej inteligencji do usprawnienia procesu, kiedy przesłana faktura handlowa nie jest w postaci pliku typu arkusz kalkulacyjny. Rozdział zakończono wnioskami.

10.1. Uwarunkowania dotyczące przygotowania deklaracji celnej

Jednym z kluczowych etapów międzynarodowego transportu towarów jest przygotowanie deklaracji celnej, której podstawę stanowi otrzymana faktura handlowa [Segers i in., 2019]. Dokument ten może z jednej strony niespodziewanie zakłócić łańcuch dostaw, a z drugiej stanowić istotny czynnik w oszacowaniu kosztów transportu oraz zapewnieniu zgodności z przepisami prawa. Procedury wymagane przez krajowy urząd celny są w większości przypadków złożone i wymagają specjalistów znających się na obecnych przepisach oraz wymaganiach celników dotyczących niejasnych sytuacji. Zmienność i różnorodność przepisów może powodować problemy w przypadku niepoprawnych interpretacji zapisów oraz błędów popełnianych w wypełnieniu dokumentów celnych. Istotą prawidłowego przygotowania deklaracji celnej jest etap precyzyjnego zgromadzenia informacji z wielu źródeł, jak np. opis towaru, wartość pozycji, pochodzenie, czy dodatkowe dokumenty przewozowe [Laszuk, Šramková, 2021]. Każdorazowo brak dokładności w danych prowadzi do opóźnień i konieczności spełnienia dodatkowych formalności. Cyfryzacja procesów kontroli podatkowej, polegająca m.in. na wdrożeniu elektronicznej komunikacji z urzędami celnymi, pozwalająca na przysyłanie dokumentów deklaracji celnych, przyczyniła się do zminimalizowania kosztów czasowych i materiałowych, równocześnie zwiększając zaufanie do pracowników organów regulacyjnych [Pavlova, Smolina, 2021; Stupak i in., 2023].

W przygotowaniu deklaracji celnych istotą rolę pełni firma logistyczna, będąca pośrednikiem pomiędzy kontrahentami [Lux, 2024]. Uwarunkowania związane z realizacją tego typu dokumentu są wieloaspektowe i wymagają uwzględnienia różnorodnych czynników. Zrozumienie tych elementów jest kluczowe dla wprowadzania zmian i automatyzacji procesu przygotowania deklaracji celnej [Omar i in., 2021]. Do przygotowania deklaracji celnych wykorzystuje się gotowe oprogramowanie, które musi przejść proces certyfikacji. Musi ono spełnić wiele wymagań dotyczących m.in. zastosowanej metody komunikacji, typu i formatu dokumentów elektronicznych, zastosowanego zabezpieczenia uwierzytelniania. Dostawcy tego typu systemów muszą na bieżąco śledzić zmiany dotyczące prawnych aspektów deklaracji celnych, aby planować ich modyfikację, żeby zachować prawidłowość i rzetelność co do wysyłanych dokumentów [Kozyrin, 2020].

W literaturze zwraca się coraz większą uwagę na konieczność automatyzacji przygotowywania deklaracji celnych za pomocą rozwiązań informatycznych dostarczanych przez tworzące je firmy [Lux, Matt, 2021]. Wdrożenie nowych technologii i automatyzacja procedur celnych ma na celu zwiększenie efektywności całego procesu tworzenia i obiegu deklaracji celnej [Liutkevičius i in., 2020]. Uzyskane korzyści z tego typu rozwiązań obejmują skrócenie czasu niezbędnych procedur odprawy celnej, zmniejszenie liczby kontroli fizycznych i kontroli dokumentacji oraz poprawę efektywności obsługi klientów i ich bezpieczeństwo [Popa i in., 2015]. Jedną z propozycji usprawnienia przygotowania deklaracji celnej jest zastosowanie wsparcia informatycznego do automatycznej klasyfikacji kodów towarów [Lux, Matt, 2021]. Trudność osiągnięcia automatyzacji w tym obszarze wynika z używanych przez interesariuszy tego procesu różnych typów i kodów towarów lub innych typów zbiorów oraz również z niskiej jakości danych [Liutkevičius i in., 2020].

W literaturze wskazuje się też na możliwość użycia rozwiązań sztucznej inteligencji w procesie przygotowania i realizacji deklaracji celnej. Proponuje się wykorzystanie technologii, takich jak optyczne rozpoznawanie znaków (OCR) i uczenie maszynowe w celu automatyzacji zarówno przygotowania tego typu dokumentów, jak i ich weryfikacji w trakcie odprawy ładunków na granicy [Han, Wang, 2023]. Wskazuje się też na możliwość zastosowania sztucznej inteligencji do weryfikacji zapisów transakcji (automatyzacja procesu z jednoczesnym wykrywaniem niespójności) oraz przechowywania i wyszukiwania dokumentów [Landge i in., 2024]. Inna propozycja dotyczy użycia elementów sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji o zwolnieniu towaru z cła podczas wysyłania dokumentów za pośrednictwem komunikacji elektronicznej [Boikova i in., 2022]. Wykorzystanie rozwiązań z obszaru sztucznej inteligencji w procesie realizacji

deklaracji celnej powinno przyczynić się do obniżenia kosztów związanych z prowadzoną działalnością [Kugonza, Mugalula, 2020].

Podsumowując, zautomatyzowanie procesu przygotowania i realizacji deklaracji celnej wraz z zastosowaniem sztucznej inteligencji może pozwolić na usprawnienie tego procesu, przyczyniając się do zwiększenia wydajności, jednocześnie obniżając koszty. Wymagania techniczne obejmują najnowocześniejsze rozwiązania, takie jak optyczne rozpoznawanie znaków oraz uczenie maszynowe.

10.2. Metodyka badania

Badanie przeprowadzono w międzynarodowej firmie logistycznej, mającej swoją siedzibę w Niderlandach. Miało ono na celu usprawnienie procesu przygotowania deklaracji celnej, dotychczas wypełnianej ręcznie przez pracownika korzystającego z systemu ERP. Zastosowano następującą procedurę badawczą:

1. Identyfikacja problemów związanych z przygotowaniem deklaracji celnej w międzynarodowej firmie logistycznej, mająca na celu zminimalizowanie czasu jej przygotowania.
2. Opracowanie koncepcji modyfikacji systemu informatycznego do przygotowania deklaracji celnej w międzynarodowej firmie logistycznej.
3. Modyfikacja systemu do przygotowania deklaracji celnej w międzynarodowej firmie logistycznej.
4. Testowanie prototypu systemu informatycznego do przygotowania deklaracji celnej w międzynarodowej firmie logistycznej.
5. Wnioski z przeprowadzonej modyfikacji systemu informatycznego w międzynarodowej firmie logistycznej.
6. Propozycja rozszerzenia systemu informatycznego w międzynarodowej firmie logistycznej o metody sztucznej inteligencji.

W badaniu zastosowano następujące metody: analizę działania procesu w międzynarodowej firmie logistycznej, niesformalizowane wywiady z pracownikami tej firmy, obserwację uczestniczącą oraz studium przypadku.

10.3. Proces realizacji deklaracji celnej w badanej międzynarodowej firmie logistycznej

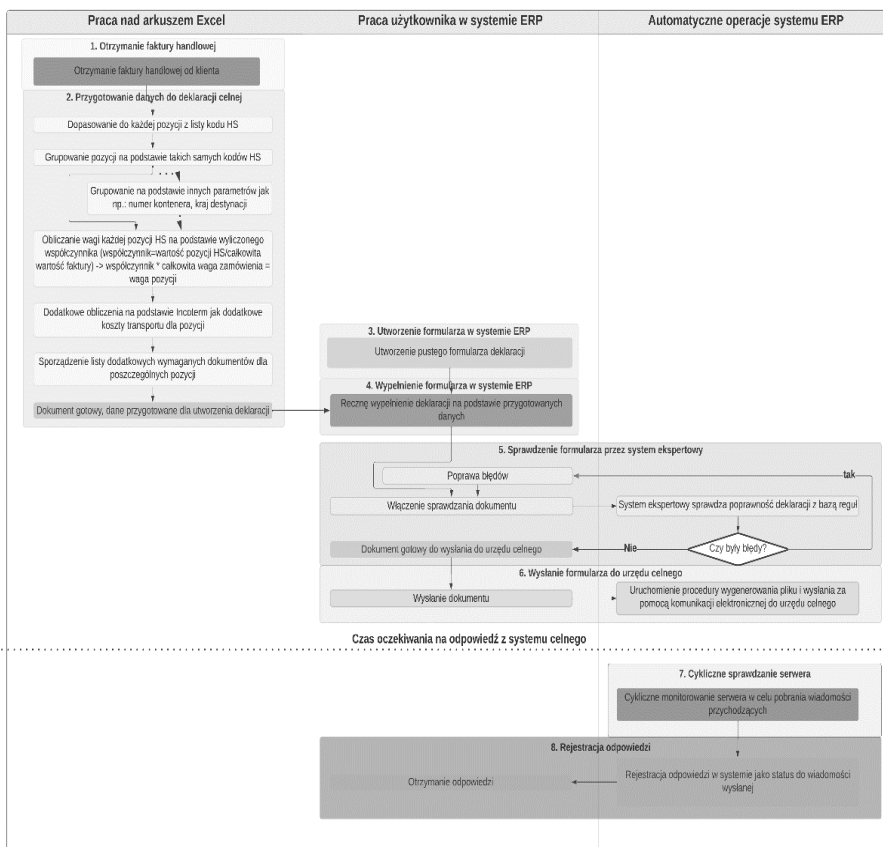
Firma będąca przedmiotem badania istnieje od 25 lat. Od początku swojej działalności zajmuje się przede wszystkim spedycją morską i lotniczą na całym świecie oraz związanymi z nią formalnościami celnymi. Dodatkowo oferuje

usługi, takie jak transport drogowy, magazynowanie oraz logistyka projektowa. Istotnym elementem działalności są formalności celne, które mają wpływ na inne obszary funkcjonowania na rynku światowym. Firma zajmuje się eksportem oraz importem towarów zarówno w Unii Europejskiej, jak i poza nią. Klienci tej firmy mają oczekiwania co do czasu realizacji usługi oraz zapewnienia ciągłości transportu. Mogą mieć też indywidualne wymagania dotyczące przygotowania i realizacji deklaracji celnych, co wymaga elastyczności w podejściu do każdego takiego przypadku.

Badana firma użytkuje system klasy ERP (Microsoft Dynamics NAV Business Central), który zawiera dołączone dedykowane moduły, w tym certyfikowany moduł deklaracji celnej. Odpowiada on za bezpośrednią elektroniczną komunikację z urzędem celnym oraz działa na podstawie restrykcyjnej dokumentacji technicznej, otrzymanej od urzędu celnego, dotyczącej typów wiadomości, formatu danych, walidacji pól, autoryzacji komunikacji itp. Zawiera on system ekspertowy do identyfikacji błędów oraz kontroli poprawności i spójności danych. Główne funkcyjności tego modułu są następujące: utworzenie różnych typów deklaracji (deklaracja importowa, eksportowa, tranzytowa), wysłanie deklaracji za pomocą komunikacji elektronicznej, odbieranie informacji zwrotnej od urzędu celnego dla danej deklaracji (statusy jak informacja o kontroli towarów, pozwolenie na wysyłkę, informacja o naliczonym ciele itp.), wysłanie deklaracji pomocniczych lub wyjaśniających.

Proces przygotowania deklaracji celnej był realizowany w badanej firmie w następujący sposób (rys. 1):

1. Otrzymanie faktury handlowej (*commercial invoice*) od klienta. Do dokumentu z reguły załączany jest szczegółowy wykaz pozycji artykułów (najczęściej tworzony w formacie MS Excel), które muszą być razem zadeklarowane. Znajdują się w niej takie informacje, jak kod identyfikacyjny towaru (pochodzący z systemu klienta), opis towaru, kwota i ilość oraz niekiedy dodatkowe informacje, jak np. kraj pochodzenia, kraj docelowy dostarczenia towaru, numer kontenera, numer rachunku, waluta.



Rys. 1. Proces przygotowania deklaracji celnej w badanej międzynarodowej firmie logistycznej

2. Przygotowanie danych do deklaracji celnej. Podstawę jej opracowania stanowi otrzymana faktura handlowa. Pracownik badanej firmy wykonuje następujące operacje związane z przygotowaniem potrzebnych danych (najczęściej w MS Excel):

- dopasowuje do każdej pozycji towaru na fakturze kod HS (HS Codes¹);
- grupuje pozycje towarów na podstawie takich samych kodów HS, dodatkowo w ramach nich może nastąpić pogrupowanie ze względu na inne parametry, jak np. numer kontenera, kraj, z którego towar pochodzi, kraj docelowo dostarczenia towaru;

¹ HS Codes (Harmonised Commodity Description and Coding System) jest to Zharmonizowany System Oznaczania i Kodowania Towarów, składający się z ciągu sześciu cyfr. Jest to najbardziej znany na świecie międzynarodowy, uniwersalny system kodowania towarów [Li i in., 2009; Kadłubek, 2023; Harmonised System, 2024].

- oblicza wagi każdej pozycji HS² na podstawie następującego wzoru:

$$\text{waga pozycji} = \text{współczynnik} * \text{całkowita waga zamówienia}$$

gdzie:

$$\text{współczynnik} = \text{wartość pozycji HS} / \text{całkowita wartość faktury}$$

- przeprowadza dodatkowe obliczenia na podstawie Incoterms dotyczące kosztów transportu, uwzględniając walutę rachunku;
- sporządza listy dodatkowych wymaganych dokumentów³ dla poszczególnych pozycji.

Po zakończeniu wymienionych czynności powstaje plik zawierający dane potrzebne do wypełnienia formularza w systemie ERP.

3. Utworzenie formularza w systemie ERP. Pracownik badanej firmy otwiera w systemie informatycznym pusty dokument deklaracji celnej.
4. Wypełnienie formularza deklaracji celnej w systemie ERP. Pracownik badanej firmy ręcznie kopiuje wszystkie przygotowane dane w pliku MS Excel i wprowadza je do formularza stworzonego w module deklaracji celnej w systemie ERP. Czas wypełnienia tego dokumentu różni się od liczby linii kodów HS. Im jest ich więcej, tym dłużej pracownik przeprowadza tę operację.
5. Przekazanie gotowego dokumentu deklaracji celnej do modułu systemu ekspertowego.
6. Sprawdzenie formularza deklaracji celnej przez system ekspertowy. Dokument jest weryfikowany ze względu na przepisy ustalone przez urząd celny. Występują dwie sytuacje:
 - w przypadku identyfikacji błędu zostaje wyświetlona informacja zawierająca miejsce jego wystąpienia oraz dotycząca tego, która reguła wyznaczona przez urząd celny nie została spełniona; następnie formularz jest poprawiany przez pracownika badanej międzynarodowej firmy logistycznej;
 - w przypadku poprawnej weryfikacji deklaracji celnej otrzymujemy gotowy dokument do wysłania do urzędu celnego.
7. Wysłanie formularza do urzędu celnego. Przygotowany dokument deklaracji celnej jest wysyłany do urzędu celnego za pomocą komunikacji elektronicznej.
8. Cykliczne sprawdzanie serwera przez system ERP w celu pobrania przychodzących wiadomości z urzędu celnego.

² Na podstawie dostępnych informacji nie zawsze jest możliwe obliczenie wagi deklarowanej dla danego HS, dlatego urząd celny zezwolił na metodę liczenia proporcji, przyjmując za podstawę główną kwotę.

³ Niektóre kody HS wymagają specjalnych dokumentów lub certyfikatów do deklaracji celnej.

9. Rejestracja odpowiedzi otrzymanej z urzędu celnego w systemie ERP. Występują dwie sytuacje. Pierwsza to akceptacja dokumentu deklaracji celnej. Druga zaś to jego odrzucenie, przy czym urząd celny wskazuje powód zaistnienia takiej sytuacji. Taką deklarację można poprawić i ponownie wysłać.
10. Gotowy dokument deklaracji celnej dla klienta badanej międzynarodowej firmy logistycznej.

W przedstawionym procesie przygotowania deklaracji celnej etapy drugi oraz czwarty są najbardziej pracochłonne ze względu na manualne wprowadzanie danych najpierw do roboczego pliku, a następnie ich kopiowanie do formularza deklaracji celnej. Tak realizowane zadania są dodatkowo obciążone potencjalnie większą liczbą popełnianych błędów, co dodatkowo wydłuża cały proces.

10.4. Propozycja modyfikacji procesu realizacji deklaracji celnej w badanej międzynarodowej firmie logistycznej

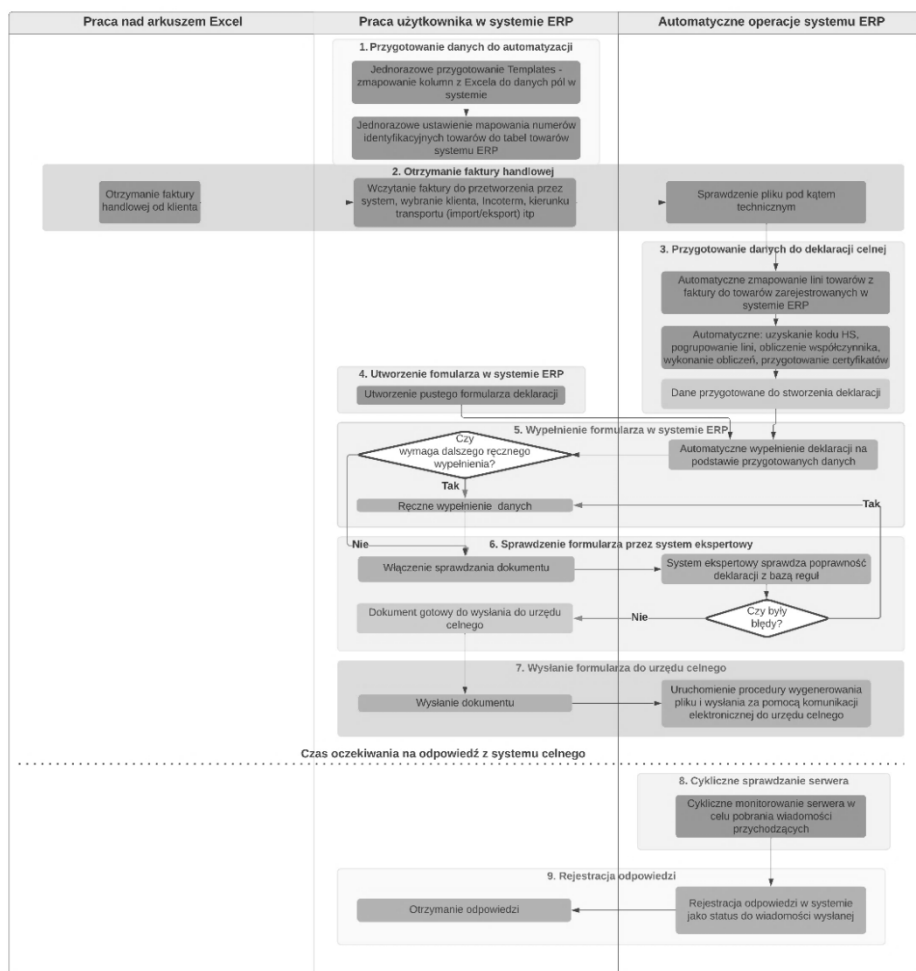
Wskazane w poprzednim punkcie niedogodności związane z ręcznym przygotowaniem dokumentu deklaracji celnej stały się przesłanką opracowania koncepcji modyfikacji tego procesu, w którym następuje:

- zaimportowanie danych z faktury handlowej od klienta do systemu ERP;
- jednorazowe ustawienie mapowania numerów identyfikacyjnych towarów stosowanych przez klienta do tabel operacyjnych w systemie ERP;
- automatyczne nadanie kodów HS towarom podczas importowania danych z faktury handlowej będącej plikiem arkusza kalkulacyjnego;
- automatyczne grupowanie linii towarów, obliczenia wartości, wagi, dodatkowych opłat itp.;
- automatyczne zmapowanie danych z systemu ERP do pól formularza deklaracji celnej.

Na rys. 2 przedstawiono propozycję modyfikacji systemu ERP do automatycznego wypełniania formularza deklaracji celnej. Rozbudowany system ERP zawiera nową funkcjonalność pozwalającą na:

- przygotowanie danych systemowych do automatycznego wypełniania formularza deklaracji celnej;
- automatyczne zaimportowanie danych z faktur handlowych otrzymanych od klientów;

- automatyczne przeprowadzenie koniecznych obliczeń, dotyczących np. dopasowania kodów HS, dodatkowych kosztów na podstawie zdefiniowanych informacji w systemie ERP;
- automatyczne zmapowanie wygenerowanych wyników do pól w formularzu deklaracji celnej.



Rys. 2. Proces przygotowania deklaracji celnej w firmie XYZ po zautomatyzowaniu przygotowania danych

Po otrzymaniu faktury handlowej od klienta pracownik badanej międzynarodowej firmy logistycznej zapisuje ją w systemie klasy ERP. Następnie dochodzi do automatycznego zaimportowania z tego dokumentu danych, które są plikami arkusza kalkulacyjnego MS Excel, do struktur w systemie ERP. Wymaga to wcześniejszego jednorazowego zdefiniowania dla danego klienta wzorców

(Templates), uwzględniając format i układ wysyłanych danych w arkuszu kalkulacyjnym, oraz zmapowania numerów identyfikacyjnych towarów z systemu klienta do tabel towarów w systemie ERP w badanej firmie. Takie rozwiązanie eliminuje konieczność każdorazowego definiowania kolumn do odpowiednich pól w tabelach w systemie ERP w firmie XYZ, podczas procesu importu danych z faktury handlowej.

Dzięki zmapowaniu numerów identyfikacyjnych towarów (z systemu klienta) możliwe jest automatyczne nadanie kodów HS do towarów podczas importowania danych z arkusza kalkulacyjnego stanowiącego fakturę handlową. Również zapisane są informacje pomocnicze, jak np. wymagane certyfikaty. Przygotowanie tych danych źródłowych pozwala potem na automatyczne grupowanie wielu linii towarów do jednego kodu HS, sumowanie liczby towarów, ich wartość, wagę oraz obliczenie dodatkowych opłat itp. W sposób automatyczny są przygotowane dane do utworzenia deklaracji celnej dla danej faktury otrzymanej od klienta.

Ostatnią funkcjonalnością jest automatyczne zmapowanie wygenerowanych danych w systemie ERP do pól w deklaracji celnej. Następnie dokument ten może być uzupełniony jeszcze o dodatkowe dane przez pracownika międzynarodowej firmy logistycznej.

Zaproponowana modyfikacja systemu ERP w badanej firmie przyczyniła się do ograniczenia do minimum pracy manualnej przy wypełnianiu formularza deklaracji celnej danymi.

10.5. Działanie zmodyfikowanego procesu realizacji deklaracji celnej w badanej międzynarodowej firmie logistycznej

W niniejszym punkcie zostanie w sposób skrócony przedstawione działanie przygotowania dokumentu deklaracji celnej po wprowadzeniu nowych funkcjonalności do systemu ERP w badanej firmie. Dane pochodzą z rzeczywistego systemu, tylko wrażliwe informacje zostały zanonimizowane. Na rys. 3 znajduje się fragment załącznika w arkuszu kalkulacyjnym do faktury handlowej klienta, którą otrzymała badana firma.

NP	Numer towaru	Opis	Liczba	Kwota	Numer faktury	Data faktury	Kraj pochodzenia	Numer kontenera
1	QUT12390	Kotwica	23	36	FK240001	01.02.2024	US	ENCL4562887
2	KSW46326	Koło rowerowe	49	263	FK240001	01.02.2024	US	ENCL4562887
4	LYY71891	Teownik stalowy	80	821	FK240002	15.02.2024	US	ENCL4562887
5	ITK98181	Zestaw naprawczy do materaca	70	615	FK240003	28.02.2024	US	ENCL4562887
6	QAA71938	Firanka z wiskozy	26	342	FK240001	01.02.2024	US	ENCL4562887
7	KTR59180	Lampa szara	89	842	FK240002	15.02.2024	US	ENCL4562887
8	IJS56223	Akcesoria kuchenne	56	605	FK240001	01.02.2024	US	ENCL4562887
9	WEQ12363	Stolik nocny loftowy	35	149	FK240001	01.02.2024	US	TOWR7675252
10	FAS53900	Sweter z wiskozy	78	996	FK240003	28.02.2024	US	TOWR7675252
11	YIR48115	Kotwy stalowe 140x140	52	695	FK240002	15.02.2024	US	TOWR7675252
12	KTN49348	Płaka do rugby	59	871	FK240002	15.02.2024	US	TOWR7675252

Rys. 3. Załącznik do faktury handlowej otrzymany od klienta badanej międzynarodowej firmy logistycznej

Na rys. 4 przedstawiono widok z systemu ERP, w którym w tabelach przygotowujących dane zostały automatycznie umieszczone pozycje z faktury (zaznaczono pogrubionym większym prostokątem) wraz już wstawionymi kodami HS do każdej pozycji (zaznaczona kolumna mniejszym pogrubionym kolorem) za pomocą mapowania numerów identyfikacyjnych towarów stosowanych przez klienta. Natomiast na rys. 5 zaprezentowano operację agregacji i posortowania pozycji faktury na podstawie kodów HS, kraju dostarczenia towarów i numeru kontenera. Dużym prostokątem zaznaczono już posortowane i pogrupowane pozycje, które są wynikiem przetworzenia danych z rys. 3. Strzałka wskazuje, dzięki której operacji powstały pozycje.

Na rys. 6 przedstawiono utworzony gotowy już dokument deklaracji celnej, który po sprawdzeniu przez system ekspertowy zostaje wysłany bezpośrednio do urzędu celnego (rys. 7).

Przeprowadzona analiza czasu przygotowania formularza deklaracji celnej przed wdrożeniem zaproponowanej automatyzacji pozwoliła stwierdzić, że przeciętne przygotowanie tego dokumentu przez pracownika z jedną linią towarów wynosiła około 20 minut, z dziesięcioma liniami około 60 minut, zaś ze stu – około 480 minut. Natomiast po implementacji opracowanego rozwiązania pracownik w badanej międzynarodowej firmie logistycznej potrzebuje 10 minut na przygotowanie deklaracji, niezależnie od liczby linii towarów w fakturze handlowej.

HOME

FUNCTIONS

NAVIGATE

Create Data Template

Import AGS Messages

Import Entries from Excel

Insert Goods per HS-Code

Assign MRN (Supp. Decl.)

Create Noodanfigle Doc.

Create T2L NCTS Doc.

Create Copy

Create Supplementary Declaration

Create AGS Add. Declaration

Change Operational Status

Assign to Customs Department...

Check Document

Check and Send in Queue

Send

Register Documents

Build Document With Data

Calculate

Show TARIC Website

Reset Message Status

Atlas Goods Datable List

Find

Filter

Clear Filter

Line No.	Invoice No.	Invoice Date	Commodity Group Desc.	Commodity Group Code	Country Code	In...	Container No.	Item No.	External Item No.	Description	Direction	HS Code	HS Description
10000	FI240001	01.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONOUT123...	QUT12390	Kotwica	Import	1404000090...	
20000	FI240001	01.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONKSM463...	KSM46326	Koo rowerowe	Import	2710130000...	
30000	FI240002	15.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONLY71891	LY71891	Teownik stalowy	Import	1404900090...	
40000	FI240003	28.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONITK98181	ITK98181	Zestaw naprawy do materaca	Import	2710130000...	
50000	FI240001	01.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONQQA71...	QQA71938	Franka z widelczy	Import	2902300000...	
60000	FI240002	15.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONKTS9180	KT959180	Lampa szara	Import	3917320000...	
70000	FI240001	01.02.2024	CONF TEST	CONF TEST	US	No	ENCL4562387	CONUS56223	US56223	Akcesoria kuchenne	Import	2942000090...	

Atlas Goods HS-Code List

Show Assigned Documents

Show Registered Containers

Find

Filter

Clear Filter

Customers	Line No.	Commodity Group Desc.	HS Code	Country Code	Container No.	Description	Remark 1	Import duty	Document code	Additional units	No. of Goods	Total Quantity	Total Value	Total Value Currency
Z-2112508	0							0,00			0	0,00		0,00

Rys. 4. Formularz deklaracji celnej zawierający pozycje z faktury handlowej wraz z dopasowanymi kodami HS

Rys. 5. Formularz deklaracji celnej z zagregowanymi i posortowanymi liniami na podstawie kodów HS, kraju dostarczenia towarów i numeru kontenera

View - Cust. Doc. - Z-2112508 Import Declaration complete

HOME ACTIONS NAVIGATE

Change Operational Status per HS Code New

Insert Goods

Assign to Customs Department...

Check Document

Check and Send in Queue

Send Documents

Register Documents View

Create Data Template

Create Copy

Create Supplementary Declaration

Calculate

Create AGS Add Declaration

Assign MRN (Supp. Decl)

Show TABIC Website

Reset Message Status

Status History

Build Document With Data

Linked Documents

Queue Message Log

Responses Log

History

Z-2112508 Import Declaration complete

Master Data

Master Data Lines

General

No: Z-2112508

Customs Doc. Template Code: AGSDCH XML

Customs Doc. Type: AGSDCH

Data template description: 23.10.2023

Document Date: 23.10.2023

Posting Date: 000 TO DO

Operational Group Status: ☐ Manual Document: ☐ Emergency Procedure: ☐ Group and Split Doc. Lines: ☐ Ship Internal Stock Ref. No. Filter: ☐ Incoming

Transaction Type: ☐ Simplified Procedure: ☐ Customs Customer Code: ☐ Customs Customer Name: ☐ Customs Customer Art. 23: ☐ Source Document to copy: ☐

Message Queue: New

Document Checked: ☒ Message Status Update

Correlation ID: 2312345678900157001

MRN No.: ☐

Reportorium No.: ☐

Fiscal Representative: ☐

Fiscal Representative Code: ☐

Fiscal Representative Name: ☐

Fiscal Representative VAT No.: ☐

Handling Company No.: ☐

Handling Company Name: ☐

Test Document: ☐

Regularization Customs Declaration: ☐

Initial Customs Documents: ☐

Queue: ☐

To Check in queue: ☐

To Send in queue: ☐

Date and time sent to queue: ☐

User set to queue: ☐

Document

Filter % Clear Filter

Debug URL:

Rys. 7. Wysłanie deklaracji celnej bezpośrednio do urzędu celnego

10.6. Propozycja zastosowania sztucznej inteligencji do usprawnienia procesu realizacji formularza deklaracji celnej

Wprowadzona automatyzacja procesu przygotowania formularza deklaracji celnej w badanej firmie przyniosła wymierne korzyści finansowe, wynikające ze skrócenia czasu przygotowania dokumentów oraz zadowolenia klientów. Jest to rozwiązanie dobre, pod warunkiem że faktura handlowa wysyłana przez klientów jest w pliku arkusza kalkulacyjnego. Dodatkowo taka automatyzacja jest korzystna, gdy są to klienci, którzy zlecają wiele usług logistycznych badanej firmie, ponieważ w zaproponowanym rozwiązaniu jednorazowo następuje mapowanie numerów identyfikacyjnych towarów stosowanych przez klienta do tabel operacyjnych w systemie ERP. Taką operację nie przeprowadza się dla jednorazowych operacji klientów. W przypadku badanej międzynarodowej firmy logistycznej około 70-80% przygotowywanych formularzy deklaracji celnych stanowią dokumenty dla kilku stałych klientów. Pozostałe realizowane deklaracje celne są przygotowywane nadal w sposób przed wprowadzeniem modyfikacji i wynikają z następujących sytuacji:

- jednorazowe zlecenia lub pojawiające się raz – kilka razy w roku;
- faktura handlowa przesłana jako plik pdf lub w innym formacie niż arkusz kalkulacyjny.

Zidentyfikowano potrzebę automatycznego odczytywania faktur handlowych, bez konieczności tworzenia szablonów dokumentów klientów w systemie ERP oraz wysyłanych w różnych formatach plików. Kolejne rozszerzenie systemu ERP w badanej firmie, które pozwoli na dalszą automatyzację procesu wypełniania formularza deklaracji celnej, obejmuje już rozwiązania związane ze sztuczną inteligencją, tzn.:

1. Zastosowanie OCR oraz algorytmów uczenia maszynowego do automatycznej ekstrakcji danych i informacji nieustrukturyzowanych z dowolnego dokumentu, w tym plików typu PDF.
2. Zastosowanie metod uczenia maszynowego do identyfikacji kodów HS na podstawie opisu oraz kraju pochodzenia towaru.
3. Rozszerzenie istniejącego systemu ekspertowego o moduł z tzw. inteligentnym asystentem, który będzie sprawdzać poprawność wypełnienia formularza deklaracji celnej, nauczonego na podstawie błędów popełnianych w przeszłości, aby identyfikował braki w dokumencie lub kombinację danych mogących wskazywać na wystąpienie błędów.

Zaproponowane rozwiązanie dla międzynarodowej firmy logistycznej może być bardzo przydatne zwłaszcza dla tych firm logistycznych, w których struktura zleceń od klientów jest bardzo rozdrobniona (tzn. bardzo dużo klientów z jedną lub kilkoma fakturami handlowymi w roku kalendarzowym) oraz dodatkowo korzystających z różnych systemów informatycznych, generujących faktury handlowe w postaci plików typu pdf. Zaproponowane rozwiązanie zminimalizuje manualne wypełnianie formularzy deklaracji celnych, bez konieczności tworzenia kopii stosowanych przez klientów identyfikatorów danych w swoich systemach informatycznych. Przekłada się to na przyspieszenie całego procesu, a w ostateczności na skrócenie czasu realizacji usługi logistycznej dla klientów.

Wnioski

W rozdziale omówiono zaproponowaną modyfikację procesu deklaracji celnej poprzez zautomatyzowanie czynności dotychczas wykonywanych przez pracownika na przykładzie międzynarodowej firmy logistycznej. Przesłanką podjęcia opracowania koncepcji, która została zaimplementowana w badanej firmie, były zidentyfikowane problemy związane z czasochłonnym przygotowaniem formularzy deklaracji celnych. Zaproponowane rozwiązanie pozwoliło na redukcję błędów technicznych w dokumentacji i obliczeniach, co znacząco wpłynęło na ograniczenie czasu realizacji tego typu dokumentów od momentu otrzymania faktury handlowej od klienta do wysłania do urzędu celnego. Przełożyło się to dodatkowo na sprawniejszą obsługę klientów przez badaną firmę, a co za tym idzie na bycie konkurencyjnym wobec innych firm poprzez automatyzację procesów i redukcję błędów technicznych w dokumentacji i obliczeniach.

Analiza zaimplementowanego rozwiązania w badanej firmie pozwoliła zidentyfikować inny problem badawczy, tzn. to, w jaki sposób zautomatyzować faktury handlowe przesyłane w innym formacie niż arkusz kalkulacyjny lub pochodzące od klientów, którzy tylko sporadycznie korzystają z takich usług. Ten drugi aspekt jest kluczowy dla firm, które mają bardzo wielu klientów, realizujących niewiele takich kontraktów (nie był to model biznesowy badanej firmy). W rozdziale przedstawiono propozycję zastosowania metod sztucznej inteligencji do rozwiązania tak sformułowanego problemu, tj. aby wszystkie formularze deklaracji celnych dla otrzymanych faktur handlowych od klientów były przygotowane w sposób automatyczny. Badania będą kontynuowane, aby potwierdzić przydatność utworzonego prototypu i skuteczność zastosowanych metod sztucznej inteligencji oraz ekonomiczną efektywność takiego rozwiązania.

Literatura

- Blegen B.C. (2020), *Re-examining Border Clearance in the Age of E-commerce*, „World Customs Journal”, Vol. 14(2), s. 81-98.
- Boikova M.V., Vorona A.A., Gubarev D.V., Maksimov Y.A., Timchenko T.N. (2022), *Transformation of Customs Administration and the Impact of Automation on Decision-Making by Customs Authorities* [w:] E.G. Popkova (ed.), *Imitation Market Modeling in Digital Economy: Game Theoretic Approaches. ISC 2020*, „Lecture Notes in Networks and Systems”, Vol. 368, s. 12-20, DOI: 10.1007/978-3-030-93244-2_2.
- Gwardzińska E., Gwardzińska-Chowaniec Ż., Chowaniec J. (2023), *Principle of Choice of Customs Procedure in EU Customs Traffic*, „Frontiers in Law”, Vol. 2, s. 110-118. DOI:10.6000/2817-2302.2023.02.13.
- Han C., Wang B. (2023), *Research on Intelligent Customs Declaration Generation in Guangdong-Hong Kong Cross-border Road Cargo Clearance*, „Proceedings of the SPIE”, Vol. 12918. DOI: 10.1117/12.3009242.
- Harmonised System (2024), European Commission, <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/content/harmonised-system-0> (dostęp: 5.03.2024).
- Incoterms – międzynarodowe warunki sprzedaży (2022), <https://www.biznes.gov.pl/pl/portal/00622> (dostęp: 5.03.2024).
- Kadłubek K. (2023), *HS CODE – jak znaleźć odpowiedni kod*, <https://www.globkurier.pl/porady/hs-code> (dostęp: 5.03.2024).
- Kholmurodovich D.N., Abdurahmonovich S.A., Tokhtasinovich A.T. (2019), *Algorithm for the Control of Receivables in the Declaration of Foreign Trade Goods in Real Time* [w:] 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, s. 1-4. DOI: 10.1109/ICISCT 47635.2019.9012055.
- Kozyrin A. (2020), *E-Customs and Customs Regulation in the Russian Federation*, „Legal Issues in the Digital Age”, Vol. 2(2), s. 144-162. DOI: 10.17323/2713-2749.2020.2.144.162.
- Kugonza J., Mugalula Ch. (2020), *Effectiveness and Efficiency of Artificial Intelligence in Boosting Customs Performance: A Case Study of Reacts at Uganda Customs Administration*, „World Customs Journal”, Vol. 14(2), s. 177-192.
- Landge S.R., Gunturu S.R., Josyula H.P., Thangavel K., Fatima E. (2024), *Exploring the Use of Artificial Intelligence for Automated Compliant Transaction Processing* [w:] 2nd International Conference on Disruptive Technologies. DOI: 10.1109/ICDT 61202.2024.10489553.
- Laszuk M., Šramková D. (2021), *Challenges of Customs Law during the Paradigm of “Facility and Security” in International Trade*, „Białostockie Studia Prawnicze”, Vol. 26(5), s. 9-21.

- Li Y., Kang F., Zhu M., Shen W. (2009), *An XML-based Data Interchange Protocol and Supporting Systems for Online Customs Declaration* [w:] IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, s. 3994-3999. DOI: 10.1109/ICSMC.2009.5346663.
- Liutkevičius M., Pappel K.I., Butt S.A., Pappel I. (2020), *Automatization of Cross-Border Customs Declaration: Potential and Challenges: A Case Study of the Estonian Customs Authority*, „Lecture Notes in Computer Science”, Vol. 12219, s. 96-109. DOI: 10.1007/978-3-030-57599-1_8.
- Lux M. (2024), *Import and the Responsible Person(s): What Would Change under the EU Commission's Reform Proposal?*, „Global Trade and Customs Journal”, Vol. 19(5), s. 348-359.
- Lux M., Matt Ch. (2021), *Classification of Goods: What are the Hurdles and Pitfalls in the Use of Automation or IT Support?*, „Global Trade and Customs Journal”, Vol. 16(6), s. 237-247. DOI: 10.54648/gtcj2021027.
- Lyons T. (2018), *EC Customs Law*, Oxford University Press.
- Omar N.H., Selamat M.N., Aziz S.F.A., Mohd R.H., Ismail R. (2021), *Integrity Risk in The Customs Automation System*, „International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences”, Vol.11(3), s. 206-222.
- Pavlova K.S., Smolina E.S. (2021), *Digitalization of Tax and Customs Control of Foreign Trade Operations*, „Lecture Notes in Networks and Systems”, Vol. 160, s. 684-691. DOI: 10.1007/978-3-030-60929-0_88.
- Popa I.B., Mihaela G., Paraschiv D.M., Marinoiu A.M. (2015), *Best Practices in Customs Procedures*, „Amfiteatru Economic”, Vol. 17(40), s. 1095-1107.
- Segers L., Ubacht J., Tan Y.-H., Rukanova B.D. (2019), *The Use of a Blockchain-Based Smart Import Declaration to Reduce the Need for Manual Cross-Validation by Customs Authorities* [w:] *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Digital Government Research*, s. 196-203. DOI: 10.1145/3325112.3325264.
- Stupak Y., Syzdykova E., Jazykbayeva B., Shirshova L., Issayeva A., Niyazbekova S. (2023), *Unification of Technical Solutions Used in Customs Control as a Factor in the Development of Economic Systems*, „E3S Web of Conferences”, Vol. 371. DOI: 10.1051/e3sconf/202337105053.
- Truel C., Maganaris E. (2015), *Breaking the Code: The Impact of the Union Customs Code on International Transactions*, „World Customs Journal”, Vol. 9(2), s. 12-23.
- Unijny kodeks celny (2013), Rozporządzenie UE nr 952/2013, <https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/summary/union-customs-code.html> (dostęp: 18.02.2024).
- Yakovleva M. (2020), *Electronic Customs as a Currency Control Authority* [w:] *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2020)*, „Advances in Economics, Business and Management Research”, Vol. 156, s. 246-249.

Artificial intelligence, cybersecurity, data privacy, and the EU regulatory landscape

Introduction

Artificial Intelligence (AI) has been rapidly advancing in recent years and is now being applied across a wide range of fields. The medical field is investigating AI for early illness detection, tailored treatment, and enhanced diagnostic precision. In finance, artificial intelligence aids in risk management and enhances data analysis. The automotive sector utilizes AI to increase safety and mobility, while smart cities leverage it to optimize resources, reduce environmental effects, and enhance urban infrastructure management. AI has improved efficiency and services in diverse areas such as media, entertainment, energy, and logistics. Nevertheless, in addition to these progressions, AI has brought about major worries regarding cybersecurity and data privacy. The dependence on large quantities of personal data for AI-powered solutions heightens privacy concerns, making it essential to implement strong regulatory frameworks that protect fundamental rights while promoting innovation. The European Union (EU) has addressed these issues through significant legal actions, such as the General Data Protection Regulation (GDPR) and the suggested Artificial Intelligence Act. These frameworks aim to find a balance between fostering AI-enabled innovation and safeguarding privacy and other essential rights. The AI Act, in particular, establishes legally binding rules for AI systems, addressing issues such as harmful AI applications like social scoring and biometric data scraping, while imposing strict requirements on high-risk AI systems. The regulation also supports innovation by creating regulatory sandboxes and encouraging Small and Medium Enterprises (SMEs) to explore AI safely [EP, 2024].

AI holds potential to enhance cybersecurity through advanced threat detection, anomaly detection, and predictive analytics, yet it also raises concerns over privacy risks due to the need for massive data collection. Calder [2021] highlights the importance of pseudonymization and data minimization strategies as

methods to address these privacy risks while maximizing the benefits of AI systems. Rich, Knight, and Nair [2009] demonstrate that AI's ability to identify patterns and respond to threats in real time can strengthen cybersecurity defenses. However, the ethical and regulatory challenges associated with data privacy remain prominent.

This chapter aims to:

- analyze the EU's regulatory frameworks governing AI, with a focus on the AI Act and GDPR,
- evaluate AI's contributions to cybersecurity and assess associated privacy risks,
- identify gaps in current regulations and the ethical considerations surrounding AI.

To achieve these objectives, this chapter adopts a multi-dimensional approach, drawing from academic literature, legal texts, and practical case studies, providing a thorough exploration of the evolving regulatory landscape.

11.1. Literature review

11.1.1. AI's impact on cybersecurity and data privacy

AI technologies have transformed cybersecurity by improving threat detection, anomaly recognition, and predictive analysis, allowing organizations to proactively address new cyber threats. Nonetheless, their dependence on extensive datasets creates notable privacy risks, leading to worries regarding data security and user approval. Calder [2021] emphasizes the importance of tools like pseudonymization and data minimization to reduce privacy risks, guaranteeing that only essential data is gathered and handled. Additionally, Rich, Knight and Nair [2009] show that AI improves cybersecurity decision-making through the detection of patterns and real-time threat responses, thus reinforcing defense mechanisms. Nonetheless, as Mittelstadt [2019] points out, transparency and explainability are crucial for sustaining public trust, guaranteeing that AI systems uphold individuals' privacy rights, and are used ethically. AI can play a critical role in analyzing complex cybersecurity threats by detecting malicious behaviors and managing large datasets, but strong integration of human and artificial intelligence, particularly through Explainable AI (XAI), is needed to effectively address cybersecurity challenges [Capuano et al., 2022]. AI technologies can enhance cybersecurity yet may also increase privacy threats because of their extensive data gathering and handling. Mitigating these risks involves

aligning data-driven insights with privacy protections to guarantee that AI systems function transparently and ethically.

11.1.2. Regulatory challenges and governance

The EU AI Act poses compliance difficulties, highlighting its significant influence on organizations within and outside the EU. The AI Act adds difficulties in fulfilling its criteria, especially its risk-oriented framework, which classifies AI systems according to their likely risks and effects [Miidla, Kuusk, Adamson, 2024; European Commission, 2024]. The AI Act seeks to improve transparency, safety, and fundamental rights while also enforcing strict requirements, particularly on high-risk AI systems. These responsibilities encompass thorough documentation, risk evaluations, governance structures, and mechanisms for human oversight. Gartner [2024] stresses the importance of strong governance frameworks to align AI-driven advancements with regulatory adherence. Efficient governance structures should tackle redundant regulations, reduce compliance pressures, and ensure that AI advancements comply with both ethical and legal norms Hernandez et al. [2009]. Koops also contends that an ongoing assessment of AI's effects on society is crucial, especially regarding issues like data privacy and human rights, and argues that a fragmented structure of outdated rights should be replaced by a unified, layered privacy right to ensure meaningful protection in the digital age [Koops, 2024]. Regulatory difficulties encountered by AI model marketplaces include ensuring accountability for AI abuse, managing intellectual property rights in contributor networks, and adhering to inconsistent global regulations [Gorwa, Veale, 2024]. These difficulties are intensified by AI's swift advancement, frequently surpassing current legal systems and resulting in governance voids in fields such as content regulation, algorithmic clarity, and ethical supervision.

The AI Act establishes a distinct structure for developers and deployers of AI, especially regarding high-risk AI systems that present considerable risks to safety, essential rights, and societal health. High-risk AI systems encompass those deployed in essential infrastructure, educational environments, job markets, law enforcement, and immigration control. These systems must adhere to strict compliance standards, which include thorough risk evaluations, reliable datasets, human supervision, and ongoing market surveillance. The regulation further prohibits specific AI activities, including government social scoring and remote biometric identification in public areas, unless under precisely outlined limited exceptions.

The AI Act establishes a framework based on risk, classifying AI risks into four levels:

- unacceptable risk: AI systems that pose significant threats to safety, fundamental rights, and societal well-being,
- high-risk: AI systems that could impact safety, livelihoods, and fundamental rights. These require stringent compliance obligations,
- limited risk: AI systems involving transparency and human interaction requirements (e.g., informing users of machine-based interactions like chatbots, labeling AI-generated content like deepfakes),
- minimal or no risk: AI systems, such as video games or spam filters, largely exempt from stringent obligations.

In Fig. 1 are shown the AI act risk-based approach by EU.

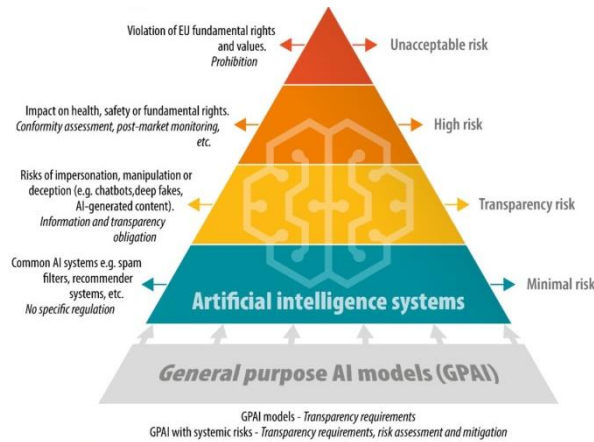


Fig. 1. EU AI act risk-based approach

Source: [EU, 2024].

The AI Act seeks to balance reducing administrative and financial burdens – particularly for small and medium-sized enterprises (SMEs) – while promoting the development of trustworthy AI. The European AI Office, established in 2024, oversees enforcement and implementation, ensuring AI technologies respect human rights, safety, and trust.

11.1.3. Ethical implications

Clarity and equity are essential tenets of AI governance, especially in critical fields like law enforcement and healthcare. These principles are essential since algorithmic biases can greatly affect society [Floridi, 2023]. The essential requirement to incorporate ethical aspects into AI design processes guarantees that systems conform to societal values and legal regulations [Zhang et al.,

2022]. Ethical supervision is vital in fields like immigration and border regulation, as AI technologies can worsen privacy infringements and threaten basic rights if not effectively regulated [Hernandez et al., 2009]. Ongoing ethical assessment of AI applications is essential, especially as these systems develop and engage with societal issues like bias, fairness, and transparency. Ensuring that AI adheres to ethical guidelines aids in reducing risks associated with privacy breaches, discrimination, and the degradation of basic rights [Mittelstadt, 2019]. Ethical governance frameworks need to be established to foresee and lessen these risks, guaranteeing that AI systems promote trust and uphold individual rights. Generative AI models, including ChatGPT, have transformed content creation while also presenting new challenges concerning copyright, misinformation, and ethical usage [Al-kairy et al., 2024]. These ethical factors are essential for reducing risks linked to algorithmic bias and ensuring equitable and responsible decision-making in cybersecurity practices.

11.2. Research method

This study adopts a qualitative approach, centering on a thorough examination of regulatory documents, legal texts, and secondary materials. In particular, case studies from the healthcare, law enforcement, and finance sectors are utilized to examine real-world applications, challenges, and the convergence of the AI Act and GDPR within these fields.

Through the analysis of practical examples and industry-focused case studies, this research seeks to offer an in-depth insight into how AI regulations influence operational practices and ethical issues across various organizational settings. This method enables the recognition of the achievements and shortcomings of regulatory frameworks, providing understanding of the effects of AI governance on data protection, privacy, and adherence. By employing this approach, the research aids in a detailed examination of the changing dynamics between AI, cybersecurity, and data privacy in sectors crucial to economic and societal functioning.

11.3. Analysis and discussion of results

11.3.1. Key provisions of the EU AI Act

The EU AI Act introduces a risk-based classification framework designed to ensure the ethical and responsible deployment of AI systems, particularly those with significant societal impacts.

- The AI Act classifies certain applications as “Unacceptable Risk” because they may violate fundamental rights, privacy, and ethical norms. These include social scoring systems that evaluate individuals based on their behavior and connections, often resulting in discrimination and social exclusion. Such systems are explicitly banned to protect human rights and privacy, with the AI Act imposing a complete prohibition without exceptions [Miidla, Kuusk, Adamson, 2024]. Other prohibited applications include manipulative technologies like deepfakes, which exploit human behavior to spread misinformation and disrupt democracy; biometric surveillance systems, such as facial recognition used for mass surveillance without consent, violating privacy and suppressing freedoms; and exploitation of vulnerabilities, where AI targets groups like children or economically disadvantaged individuals to exploit psychological or financial weaknesses. These strict prohibitions aim to uphold ethical standards and safeguard fundamental rights.
- High Risk: AI implementations in vital sectors like healthcare, transportation, energy, and finance are deemed high-risk because of their ability to inflict considerable damage. These systems need thorough evaluations to guarantee safety, transparency, and responsibility. For instance, AI technologies in healthcare equipment, self-driving cars, and credit rating algorithms need extensive evaluations, impact reviews, and continuous oversight to guarantee precision, equity, and ethical adherence. The AI Act requires adherence strategies that include routine audits, fairness evaluations, and human supervision. In healthcare, for example, AI systems that predict patient health outcomes or assist in surgical procedures must comply with clinical validation standards and guarantee human participation in decision-making to uphold transparency and accountability.
- Limited Risk: AI systems in this group need transparency protocols to guarantee that users understand the process behind AI decision-making. For example, e-commerce recommendation systems that propose tailored products or services need to include transparency aspects like the clarity of recommendation algorithms to prevent deceiving users. The European Commission [2023] stresses that AI systems with limited risk should adhere to explainability standards so that users grasp the decision-making processes and the influence of these systems on their lives.
- Minimal Risk: AI systems with low impact present minimal risks because they have a limited effect on human rights or public concerns. Illustrations consist of chatbots utilized for fundamental customer assistance or straightforward data analysis applications. Although these systems still necessitate fundamental compliance measures, they encounter less demanding require-

ments than those for higher-risk AI applications. Nevertheless, even low-risk systems are required to comply with data protection laws, especially the General Data Protection Regulation (GDPR), to avoid data misuse or privacy violations.

The AI Act's risk-based classification ensures that AI applications are evaluated according to their societal and ethical impact. By establishing clear guidelines on acceptable and unacceptable AI systems, the EU aims to foster trust, transparency, and accountability while protecting fundamental rights and ethical principles.

11.3.2. Cybersecurity and AI

AI systems, particularly those deployed in critical infrastructure such as healthcare, energy, transportation, and financial sectors, present high cybersecurity risks due to their potential exposure to cyber threats. Effective cybersecurity measures are essential to safeguard against these risks and ensure compliance with the GDPR.

- **Integration of AI into Cybersecurity:** Cybersecurity tools like encryption, intrusion detection systems, firewalls, and continuous monitoring are crucial for safeguarding data and maintaining strong data security, especially in compliance with GDPR requirements [Calder, 2021]. AI can improve cybersecurity by utilizing machine learning algorithms to recognize unusual behavior patterns, pinpoint vulnerabilities, and forecast possible cyber threats prior to their exploitation [Rich, Knight, Nair, 2009]. AI-powered systems facilitate proactive cybersecurity approaches, enhancing detection abilities and response speed. For example, AI-driven predictive analytics can anticipate possible network breaches using past data, enabling organizations to proactively enhance their defenses.
- **Blockchain and Decentralized Data Storage:** Merlec and In [2024] highlight the importance of blockchain-enabled decentralized storage solutions in improving cybersecurity. These systems provide secure, robust, and user-focused data management while minimizing risks linked to centralized data storage. Nevertheless, the inclusion of AI in cybersecurity systems also brings forth new weak points, including inference attacks, contaminated datasets, and intellectual property exposure, necessitating strong governance, encryption, and preventive security strategies [Plankey, 2023].

AI's role in cybersecurity extends beyond detection and prevention – it enhances compliance with GDPR by enabling secure data management and reduc-

ing risks associated with personal data breaches. The dynamic and adaptive capabilities of AI make it particularly effective in addressing evolving cybersecurity threats, underscoring the need for continuous innovation in cybersecurity frameworks to safeguard sensitive data and infrastructure.

11.3.3. GDPR alignment

The AI Act enhances the GDPR (General Data Protection Regulation) by strengthening data protection principles like user consent, transparency, and accountability in the use of AI technologies, particularly those that handle personal data. Both frameworks seek to reduce risks associated with bias, privacy, and human rights, while promoting the ethical use of AI.

- Facial Recognition and Biometric Data: Case studies illustrate the overlap of GDPR and the AI Act, especially in relation to facial recognition technologies. Facial recognition is classified as a high-risk artificial intelligence system according to the AI Act because of its ability to violate privacy and ethical norms [Mittelstadt, 2019]. The GDPR enforces stringent regulations regarding the handling of biometric data, highlighting the importance of transparency, minimizing data use, and requiring clear, informed consent from users. Facial recognition systems need to comply with GDPR by notifying users regarding data collection, processing, and usage while following data protection principles to avoid biases and enhance accountability. Mittelstadt [2019] highlights the importance of AI systems that not only meet technical standards but also adhere to ethical AI values.
- Challenges in Compliance: According to Gartner [2024], many organizations struggle to meet GDPR's privacy standards when implementing AI technologies, especially in aspects like automated decision-making and profiling. Organizations face difficulties in implementing sufficient data protection measures, creating transparent consent mechanisms, and performing essential impact assessments. To address these issues, Gartner recommends creating thorough compliance plans that encompass both GDPR and AI oversight.

The AI Act and GDPR collaborate to strengthen data protection, transparency, and accountability in the usage of AI. These frameworks focus on user consent, ethical AI practices, and compliance with GDPR standards to reduce risks and build trust in AI applications. Cooperation among policymakers, stakeholders, and tech developers is vital to implement ethical AI practices and mitigate potential risks.

11.4. Case studies

11.4.1. Healthcare

AI-driven diagnostic tools in healthcare, like systems for detecting cancer, are high-risk applications requiring strong explainability and stringent ethical standards. These systems need to guarantee transparency and accountability to build trust between medical professionals and patients. Interpretability is especially important, as it allows healthcare professionals to comprehend AI-generated choices, particularly when managing delicate health information. Recent developments in AI-driven genomics highlight the possibilities for breakthroughs in precision medicine. Nonetheless, these developments also highlight important ethical issues, including protecting data privacy, guaranteeing informed consent, and reducing the risks of discrimination [Gbashi, Njobeh, 2024]. Following thorough ethical guidelines is crucial to harmonize innovation with safeguarding patients' rights and societal principles.

Building trust in AI systems and addressing these ethical issues is crucial for the responsible incorporation of AI into healthcare [Hui et al., 2022]. They highlight that accomplishing this necessitates tackling not just technical issues such as bias reduction and explainability, but also wider systemic concerns, including possible conflicts of interest in AI development and implementation. Moreover, engaging key stakeholders such as physicians, patients, and policy-makers in significant conversations and debates is crucial to guarantee that AI technologies adhere to ethical standards and strengthen the trust between patients and healthcare providers. In the absence of these initiatives, unregulated or unethical AI systems could jeopardize the trust and effectiveness of healthcare systems.

The use of AI in healthcare, especially regarding rare diseases (RDs), has demonstrated a transformative effect, closely aligning with the EU regulatory framework. AI-powered genomic studies and forecasting diagnostics have enabled timely and precise diagnoses by analyzing large volumes of genomic data to detect disease trends and genetic variations. This has enabled healthcare professionals to implement personalized treatment strategies, customizing therapies according to unique genetic characteristics, thus enhancing patient results and minimizing the likelihood of negative side effects. Furthermore, AI has improved the efficiency of clinical trials by pinpointing appropriate patient subgroups, a factor that is particularly vital in rare diseases due to the often small and hard-to-recruit patient populations. By following regulatory standards like GDPR, AI systems guarantee data privacy and security, promoting the responsi-

ble utilization of sensitive health information. Nevertheless, obstacles like data quality, biases in algorithms, and the necessity for clear communication persist as significant challenges that need to be tackled to completely achieve the potential of AI-based healthcare systems in RDs. In spite of these challenges, the ongoing advancement of AI offers significant potential for revolutionizing the diagnosis, treatment, and care of those impacted by rare diseases [Abdallah et al., 2023].

11.4.2. Law enforcement

Facial recognition technologies illustrate the persistent conflict between security and privacy. The AI Act bans mass surveillance but permits specific exceptions under stringent conditions, highlighting the importance of proportionality and human supervision. Gillespie [2018] examines the moral challenges presented by these surveillance technologies, particularly in connection with the dangers of misuse and possible discrimination. For example, facial recognition technologies in policing may result in biased results, especially when used on underrepresented groups, which raises issues of equity and responsibility. Predictive policing represents another instance where AI systems anticipate crime hotspots utilizing historical data. Nonetheless, these models may reinforce biases if the data utilized is not sufficiently representative. Tackling these biases necessitates improved oversight and accountability frameworks to guarantee that AI systems used in law enforcement uphold human rights and avert unjust targeting [Brynjolfsson, McAfee, 2014].

Facial recognition technology has been utilized in multiple European settings, particularly in Dutch border management and UK law enforcement. In the Netherlands, implementing facial recognition at border checkpoints seeks to improve security and facilitate travel by quickly identifying suspects or irregular migrants. Likewise, the UK has utilized facial recognition technology for law enforcement, especially during public gatherings and at critical sites such as airports, aiding in suspect identification and crime prevention. Nonetheless, these applications have sparked worries regarding privacy, bias, and the precision of facial recognition technologies, prompting discussions about their lasting effects on civil liberties and data security. Additional challenges involve the necessity for strong regulatory frameworks to guarantee that the technology is utilized in a responsible and transparent manner [Gültekin-Várkonyi, 2024].

11.4.3. Financial services

The involvement of AI in identifying fraud in financial services underscores its ability to improve security, though it also presents privacy concerns. Systems created to examine transactional patterns must adhere to GDPR's requirements for transparency and data protection. It is essential for customers to be aware of how their data is handled and how decisions are derived from it to uphold confidence in financial AI systems. AI technologies integrated with blockchain present novel methods for securing financial transactions while complying with data privacy laws [Goodfellow et al., 2016]. The decentralized and transparent characteristics of blockchain can safeguard sensitive financial information and lessen dependence on centralized systems that could be susceptible to breaches. Nonetheless, these solutions require meticulous management of data access and consent to ensure adherence to GDPR regulations.

Equifax employs AI for fraud detection through advanced machine learning models that analyze large datasets, enhancing the precision of fraud detection systems. In accordance with GDPR, Equifax promotes transparency through the use of explainable AI methods, including Neuro Graph Decision Technology, which enhances the accountability and clarity of AI-based decisions. These actions foster public confidence by showcasing adherence to data protection standards and guaranteeing that customer information is managed safely and openly. Equifax's AI-powered fraud detection tools help decrease false positives and safeguard customers against fraudulent actions, boosting overall trust in their financial infrastructures [Equifax, 2024].

11.4.4. Government

AI systems deployed in government settings, such as public administration and service delivery, face unique challenges related to transparency, accountability, and public trust. While these systems can enhance efficiency, improper management can lead to violations of citizens' rights.

Public administration and service delivery

Government AI systems, including automated decision-making (ADM) tools for resource distribution, welfare programs, or social services, frequently have high-risk designations. These systems need to comply with rigorous standards of transparency and fairness, especially when managing sensitive information. A significant challenge is to stop these systems from duplicating or

worsening current biases. The study conducted by Wachter, Mittelstadt and Floridi [2017] highlights the importance of transparency and clarity in ADM systems to prevent unjust results, particularly when AI affects public services such as access to social advantages or decisions within the criminal justice system. For example, the Dutch government's use of AI-based welfare fraud detection systems encountered backlash over worries regarding algorithmic bias and a lack of proper oversight. Van der Sloot and Oskamp [2019] emphasize that these systems failed to provide clear explanations about their decision-making processes, resulting in adverse effects on at-risk groups. The AI Act tackles these issues by mandating that governments perform thorough impact evaluations, including human oversight and fairness measures to avoid harm and discrimination.

Immigration and border control

Applications of AI in immigration and border management raise substantial ethical issues concerning transparency, human rights, and proportionality. For instance, biometric identification and profiling powered by AI pose concerns regarding data privacy and security. The EU AI Act bans mass surveillance in these situations but permits some limited applications, like border inspections, subject to stringent requirements. Koops [2024] highlight the importance of robust legal structures and human supervision to ensure that these systems do not violate citizens' rights to privacy and movement. The UK Home Office's implementation of AI in automated border checks received considerable public criticism over worries about racial bias, highlighting the necessity for strong GDPR and AI Act adherence to guarantee the ethical application of AI technologies in government operations.

Public safety and emergency services

AI systems used in public safety, such as disaster management, crime prevention, and emergency response, can enhance operational efficiency but also pose risks related to accountability and transparency. Predictive policing, for instance, involves AI systems forecasting crime patterns that often rely on historical data, which may be biased or incomplete. Brynjolfsson and McAfee [2014] highlight the ethical concerns surrounding predictive policing, particularly regarding accuracy, accountability, and the risk of reinforcing systemic inequalities. The AI Act introduces measures to ensure AI systems deployed in public safety adhere to strict oversight, proportionality, and fairness principles. Public administrations are required to conduct impact assessments and establish mechanisms to review and correct biased or discriminatory outcomes. The ex-

ample of the Chicago Police Department's use of predictive policing software, which led to concerns about bias and its impact on minority communities, underscores the importance of GDPR and AI Act compliance to ensure AI applications in public safety respect fundamental rights.

Governance structures play a critical role in ensuring AI systems remain aligned with ethical principles such as fairness and transparency, particularly in cybersecurity applications [Binns, 2017; Veale et al., 2023]. AI applications in government require careful consideration of ethical, regulatory, and human rights concerns. The AI Act and GDPR collectively aim to ensure that AI systems deployed by governments uphold transparency, accountability, and fairness, preventing biased or discriminatory practices while promoting public trust.

The EU continues to improve its member states' use of AI technology and public procurement processes [EU, 2024]. While significant progress has been made in several areas, there are still ample opportunities to enhance the Union's public services' adoption of AI. Sectors such as healthcare, mobility, e-Government, and education have demonstrated the greatest readiness for AI adoption, delivering substantial economic and social benefits for EU residents. However, challenges remain, including administrative red tape, inconsistent data flow policies, and a lack of a clear regulatory framework, which continue to hinder progress. EU institutions, member states, and stakeholders must work together to foster clearer legislation and highlight the advantages of AI-driven public procurement to accelerate AI adoption.

The EU's regulatory approach, centered on the AI Act and GDPR, reflects a focus on balancing innovation with ethical and legal standards. However, comparing this framework with those in regions like the U.S., Asia, and emerging markets highlights both similarities and differences in addressing AI challenges. In the U.S., regulatory efforts are more fragmented, driven by industry-specific guidelines rather than a unified framework, leading to inconsistencies in AI governance. Asia, particularly China, emphasizes centralized control, data sovereignty, and surveillance, whereas Japan and South Korea prioritize ethical AI use and data protection. Emerging markets face unique challenges, including limited resources and capacity for enforcement, resulting in weaker regulatory frameworks and greater risks related to data misuse and algorithmic bias. These regional differences highlight the need for globally cohesive AI governance, drawing from diverse approaches to ensure consistency and address cross-border AI challenges effectively.

Conclusions

The AI Act and the General Data Protection Regulation (GDPR), which form the core of the EU's legislative framework for AI, reflect a thorough attempt to strike a compromise between the need to follow the law and promote innovation. But the actual application of these rules has revealed a number of significant obstacles, including legal overlaps, intricate compliance requirements, and issues in keeping up with the ever changing AI landscape. To solve these issues and ensure effective governance, future research should concentrate on the following areas:

- Examining the effects of AI Regulations on Industries: Finding best practices, identifying sector-specific issues, and improving regulatory strategies all depend on a deeper comprehension of how AI rules impact different industries, including public administration, healthcare, and finance. Studies ought to investigate how sectors can utilize AI within legal boundaries, guaranteeing that adherence does not hinder innovation.
- Aligning GDPR and AI Act Regulations: The challenge of compliance stems from the intersecting stipulations of the GDPR and the AI Act. Attempts ought to be undertaken to align their demands, minimizing administrative loads and offering clearer direction on how entities can meet regulatory standards without conflicting responsibilities. Creating interoperability among these regulations will aid in achieving a more consistent legal framework.
- Establishing Unified Compliance Tools and Frameworks: Creating unified compliance tools and frameworks will simplify regulatory procedures, enabling organizations to evaluate risks, perform impact evaluations, and guarantee compliance with both the AI Act and GDPR. These tools will be essential in minimizing the resources needed to achieve compliance and ensuring more efficient enforcement.
- Comprehending New AI Technologies: The rise of generative AI, autonomous systems, and numerous advanced technologies necessitates continuous evaluation of how these innovations align with existing regulatory frameworks. Research should examine the regulatory impacts of these technologies, particularly concerning explainability, bias, data privacy, and accountability. Creating customized regulatory strategies that can adapt to the evolving AI environment will help ensure that regulations stay pertinent and efficient in response to emerging technological hurdles.
- Fostering Collaboration Among Sectors: To tackle these inequalities, the involvement of policymakers, industry players, educational bodies, and community groups is essential. Initiating conversations with diverse stakeholders

can promote the sharing of best practices and guarantee that regulatory measures are both actionable and adaptable to evolving technological environments.

- Encouraging Ethical AI Development: Floridi and Mittelstadt emphasize that ethical factors must stay at the core of AI governance. The EU's regulations for AI need to emphasize fairness, transparency, and accountability, particularly in high-risk sectors like healthcare, law enforcement, and financial services. Guaranteeing that AI systems are created and implemented in a manner that honors basic rights and minimizes the possibility of harm will be essential for attaining sustainable AI governance.
- Adapting to Technological Changes: Gartner [2024] highlights the need for flexible regulatory systems that can change alongside technological progress. Ongoing enhancement of AI governance, rooted in comprehensive research and insights, will be crucial for staying aligned with AI advancements and ensuring that the EU leads in global AI regulation.

By addressing these gaps, the EU can assume a leading role in global AI governance, fostering responsible innovation that ensures security, privacy, and fairness. Joint efforts among lawmakers, industry participants.

Literature

- Abdallah S., Sharifa M., Almadhoun I.K., Khawar M.M. Sr., Shaikh U., Balabel K.M., Saleh I., Manzoor A., Mandal A.K., Ekomwereren O., Khine W.M., Oyelaja O.T. (2023), *The Impact of Artificial Intelligence on Optimizing Diagnosis and Treatment Plans for Rare Genetic Disorders*, „Cureus”, Vol. 15(10), e46860, <https://doi.org/10.7759/cureus.46860> PMID: 37954711; PMCID: PMC10636514.
- Al-kfairy M., Mustafa D., Kshetri N., Insiew M., Alfandi O. (2024), *Ethical Challenges and Solutions of Generative AI: An Interdisciplinary Perspective*, „Informatics”, Vol. 11(3), 58, <https://doi.org/10.3390/informatics11030058>.
- Binns R. (2017), *Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy*, Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency, PMLR, Vol. 81, s. 149-159, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1712.03586>.
- Brynjolfsson E., McAfee A. (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W. W. Norton & Company.
- Calder A. (2021), *The EU Data Protection Code of Conduct for Cloud Service Providers: A Guide to Compliance*, IT Governance Publishing, <https://doi.org/10.2307/j.ctv22d4zj7>.
- Capuano N., Fenza G., Loia V., Stanzione C. (2022), *Explainable Artificial Intelligence in Cybersecurity: A Survey*, IEEE Access, PP. 1-1, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204171>.

- Equifax (2024), *How Equifax uses AI*, <https://www.equifax.com.au/knowledge-hub/news-and-media/how-equifax-uses-ai> (dostęp: 13.12.2024).
- EU (2024), *EU Study Calls for Strategic AI Adoption to Transform Public Sector Services*, Report/Study, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-study-calls-strategic-ai-adoption-transform-public-sector-services> (dostęp: 23.09.2024).
- European Commission (2023), *EU AI Act: First Regulation on Artificial Intelligence*, <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>.
- European Parliament (2024), *Artificial Intelligence Act: MEPs Adopt Landmark Law*, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240308IPR19015/artificial-intelligence-act-meps-adopt-landmark-law>.
- Floridi L. (2023), *The Ethics of Artificial Intelligence: Principles, Challenges, and Opportunities*, <https://doi.org/10.1093/oso/9780198883098.001.0001>.
- Gartner (2024), *AI Readiness*, <https://www.gartner.com/en/information-technology/topics/ai-readiness>.
- Gbashi S., Njobeh P. (2024), *Enhancing Food Integrity through Artificial Intelligence and Machine Learning: A Comprehensive Review*, „Applied Sciences”, Vol. 14, 3421, <https://doi.org/10.3390/app14083421>.
- Gillespie T. (2018), *Custodians of the Internet: Platforms, Content Moderation, and the Hidden Decisions that Shape Social Media*, Yale University Press.
- Gorwa R., Veale M. (2024), *Moderating Model Marketplaces: Platform Governance Puzzles for AI Intermediaries*, „Law, Innovation and Technology”, Vol. 16(2), s. 341-391, <https://doi.org/10.1080/17579961.2024.2388914>.
- Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B. (2016), *Generative Adversarial Networks*, „Communications of the ACM”, Vol. 63(11), s. 139-144.
- Gültekin-Várkonyi G. (2024), *Navigating Data Governance Risks: Facial Recognition in Law Enforcement Under EU Legislation*, „Internet Policy Review”, Vol. 13(3), <https://doi.org/10.14763/2024.3.1798>.
- Hernandez R., Cooney M., Dualé Ch., Gálvez M., Gaynor S., Kardos G., Kubiak C., Mihaylov S., Pleiner J., Ruberto G., Sanz N., Skoog M., Souri P., Stiller C.-O., Streng-Hesse A., Vas A., Winter D., Carne X. (2009), *Harmonisation of Ethics Committees' Practice in 10 European Countries*, „Journal of Medical Ethics”, Vol. 35, s. 696-700, <https://doi.org/10.1136/jme.2009.030551>.
- Hui A., Ahn S., Lye C., Deng J. (2022), *Ethical Challenges of Artificial Intelligence in Health Care: A Narrative Review*, „Ethics in Biology, Engineering and Medicine: An International Journal”, Vol. 12, <https://doi.org/10.1615/EthicsBiologyEngMed.2022041580>.
- Koops B.-J. (2024), *A Constitutional Right to Privacy for the 21st Century [w:] De Grondwet en nieuwe technologie: Klaar voor de toekomst?* Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, s. 153-166.

- Merlec M.M., In H.P. (2024), *Blockchain-based Decentralized Storage Systems for Sustainable Data Self-Sovereignty: A Comparative Study*, „Sustainability”, Vol. 16(17), 7671, <https://doi.org/10.3390/su16177671>.
- Miidla M., Kuusk O., Adamson J. (2024), *The AI Act is Here – The Time to Act is Now*, <https://www.sorainen.com/publications/the-ai-act-is-here-the-time-to-act-is-now/>.
- Mittelstadt B. (2019), *Principles Alone Cannot Guarantee Ethical AI*, „Nature Machine Intelligence”, 1, <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4>.
- Plankey S. (2024), *How AI Creates Cybersecurity Vulnerabilities – And What To Do About It*, WTW, <https://www.wtwco.com/en-be/insights/2024/08/how-ai-creates-cybersecurity-vulnerabilities-and-what-to-do-about-it>.
- Rich E., Knight K., Nair S.B. (2009), *Artificial Intelligence. Third Edition*, Tata McGraw-Hill.
- Van der Sloot B., Oskamp A. (2019), *Algorithmic Decisions and their Socio-Legal Impact: The Case of AI in Public Administration*, Springer.
- Veale M., Matus K., Gorwa, R. (2023), *AI and Global Governance: Modalities, Rationales, Tensions*, „Annual Review of Law and Social Science”, Vol. 19, s. 255-275, <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-020223-040749>.
- Wachter S., Mittelstadt B.D., Floridi L. (2017), *Why a Right to Explanation of Automated Decisions Matters*, „International Data Privacy Law”, Vol.7(2), s. 76-99.
- Zhang B., Anderljung M., Kahn L., Dreksler N., Horowitz M.C., Dafoe A. (2022), *Ethics and Governance of Artificial Intelligence: A Survey of Machine Learning Researchers (Extended Abstract)*, Proceedings of the Thirty-First International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-22), <https://www.ijcai.org/proceedings/2022/0811.pdf>.

Contributions to specifying the Ontology-Driven Software Development process

Introduction

The article presents an innovative approach to software quality assurance in academic projects. It identifies a research gap within software engineering, specifically concerning the potential of Business Process Management (BPM). The focus is on the specification of the Ontology-Driven Software Development (ODSD) process in the field of early requirements engineering. ODSD emerges as one of the most advanced approaches to software production, not merely due to its utilization of ontologies but also because it extends Model Driven Software Development (MDSD) through ontology services. Figure 1 highlights a compelling research area by detailing components such as the requirements model (CIM) and requirements ontology. However, Fig. 1 also underscores the complexity of the process, justified by the pursuit of software product quality as characterized by the attributes outlined in Table 1. ODSD emphasizes the significance of cooperation between the ontological and modeling spaces during software construction. These pose highly intriguing research challenges in the context of ensuring the quality of developed software. The rationale lies in enhancing user awareness of ODSD to guarantee software product quality as defined by the ISO/IEC 25010:2011 standard. The attributes of this standard are described in Table 1.

ODSD users can use this methodological background outlined in Fig. 1 to ensure quality assurance in their projects. However, it's important to acknowledge that ODSD is a relatively new research area. Existing literature suggests researchers are still uncovering its potential, as evidenced by Kendall's statement: "I firmly believe that the possibilities of semantics in software engineering are barely understood, still in its infancy from a research perspective" [Pan, Zhao, 2014, s. 6]. Notably, at the time of writing this chapter, no existing literature referenced a readily available specification for the ODSD process within the EPF software engineering framework.

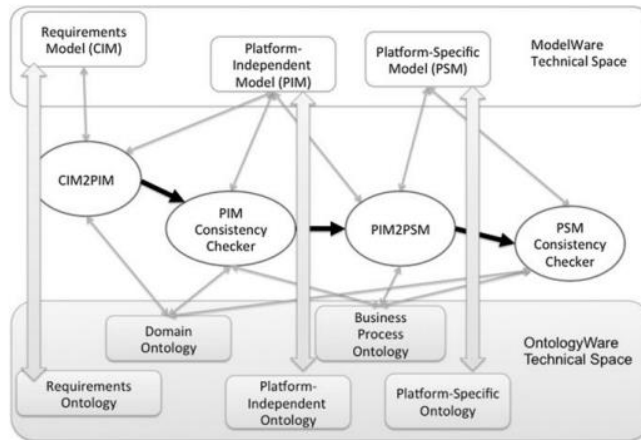


Fig. 1. Model-driven software development process integrated with ontology services

Source: Pan et al. [2013, p. 8].

This article presents a specification for a selected portion of the ODSD process, focusing on early requirements engineering. The research will substantiate:

- the choice of this ODSD area,
- delineate necessary work products,
- and articulate the tasks required for their development.

The features of ISO/ IEC 25010:2011 are listed in the Table 1. For the purposes of the research presented in this article, those quality attributes that can be taken care of at the early requirements engineering stage seem to be relevant. The author attempts to use this initial stage of early requirements engineering work as a reference point in analyzing the relationship between the manufacturing process and quality attributes.

Table 1. Quality features according to ISO/IEC 25010:2011

Product quality properties	Sub-characteristics
Functional suitability	Functional completeness, functional correctness, functional appropriateness
Performance efficiency	Time behaviour, resource utilization, capacity
Compatibility	Co-existence, interoperability
Usability	Appropriateness recognizability, learnability, operability, user error protection, user interface aesthetics, accessibility
Reliability	Maturity, availability, fault tolerance, recoverability
Security	Confidentiality, integrity, non-repudiation, accountability, authenticity
Maintainability	Modularity, reusability, analysability, modifiability, testability
Portability	Adaptability, installability, replaceability

Source: Own elaboration based on: ISO [2011].

It is worth noting that this research was conducted in accordance with the Eclipse Process Framework (EPF) guidelines. EPF is a software engineering

template for specifying software engineering methods and processes (more on this in the research method section).

The state of the art in the literature regarding the conducted research has been presented in the “Literature review” section. In the introduction itself, it is worth mentioning that ODSD is a relatively new approach to software production, which is probably why there are few publications on the subject. Some significant publications on the general concepts of ODSD are described in [Gašević Djurić, Devedžić, 2009; Pan et al., 2013]. However, these explanations were not sufficient regarding the specification of ODSD within early requirements engineering. Therefore, as a result of the literature review, it was important to return to the roots from which this process emerged, i.e., the evolution of the model-driven approach to software development using semantic technologies.

The methods used in the described research result from decisions made within the Design Science Research (DSR) paradigm. At the beginning, it is explained that for the following three DSR cycles, the methods were selected: Educational Action Research in the relevance cycle, Eclipse Process Framework in the design cycle, and the PICOC framework in the rigor cycle.

The structure of the chapter follows from the subsequent points where the following issues are described. In the “Literature review”, a review of the literature was carried out. “Research method” explains not only the methods used, but also the DSR research paradigm within which these selected methods were applied. “Analysis of results” concerns primarily the project of creating an ODSD development process using the EPF framework. It is important to highlight the details regarding the created library, i.e., design artifacts related to early requirements engineering and tasks that allow for their specification. “Discussion of results” explains the significance of the specified ODSD process and the benefits of using ontologies during early requirements engineering. For this purpose, it explains the possible negative consequences of omitting the use of defined design artifacts. The “Conclusions” is a very important point in this work, due to the many aspects discussed. The author of the research summarizes the significance of the issues raised. It turns out that not only the specification of the ODSD process itself is significant, but also the focus on the importance of early requirements engineering in the software life cycle.

12.1. Literature review

A review of the literature based on the PICOC framework. Details regarding this and other methods employed by the researcher are outlined in the ‘Research method’ section. This literature review is intended to answer the follow-

ing question: Does the existing literature describe the specific area of ODSD process specification that is of interest to this study? Both the selected artifacts of this process related to early requirements engineering and their connection to the software product's quality attributes are significant. The potential variations of this study are specified by the keywords supported by the PICOC framework, listed below. The initial keywords were:

- Who: Students of information technology subjects,
- What: Specifying a suitable area of the ODSD process to address stakeholder definition and expectation issues (Intervention),
- How Well: Comparing the effectiveness of different ODSD activities in this area (Comparison),
- Impact: The impact of using the ODSD process on software production (Outcome),
- Where: Focus on specific parts of an information system (e.g., user interface design, data management) (Context).

The aforementioned PICOC criteria were crucial to the project undertaken. They allow for the definition of a solution to the software quality problem in a specific context. Unfortunately, no such publications were found. By using relevant and emphasized keywords based on PICOC, it is possible to efficiently find research papers related to this study. If the initial search terms don't yield enough results, we might need to broaden them using generalizations.

Next, in step two, the keywords were:

- “Ontology-driven software development” OR “ODSD”
- AND “Stakeholder”

As the result google.scholar search engine returned no results (i.e., zero).

Therefore, a more in-depth search of the converging literature was conducted. To the author's knowledge, there are related works in the world related to the problem of the described research. In a doctoral thesis entitled “Building domain ontologies to elicit requirements of IT systems” [Machura, 2022], the author of the work presented research on creating ontologies adequate for the ODSD process. This paper reviews methods for ontology development in software production. Although this review seemingly addresses different issues, it is also valuable for the problem addressed in this article. This is because it allows us to understand the important problems other researchers interested in using ontologies in software production are dealing with, and how it relates to this research area. Table 2 below summarizes these publications, and based on a brief characterization, one can infer their connection to this publication dedicated to the issue of requirements engineering.

Table 2. The use of ontologies in the ODSD software production process

Additional publications	
1.	The book [Kendall, McGuinness, 2019] contains important issues of ontological engineering, but from the perspective of software production. At the same time, the authors of the book describe their experiences from projects for large organizations in the USA. It promotes an approach to ontology development based on methods common in software engineering, i.e., requirements and use cases. The described solutions are compatible with MDA (Model Driven Architecture)
2.	The publication [De Nicola, Missikoff, Navigli, 2009] proposes a unified method of ontology production, suggesting software development practices known as the Unified Process. The development of ontologies is iterative-incremental, during which engineering disciplines such as requirements, analysis, design, implementation, testing, and implementation can be specified
3.	The article [Kossman et al., 2008] deals with the use of ontologies in requirements engineering. It concerns the creation of an Ontology-Driven Requirements Engineering (OntoREM) meta-model of requirements engineering, adequate to Airbus projects in the aviation industry. The work falls within the trend known in requirements engineering as Ontology-Driven Requirements Engineering
4.	The authors of the book [Parreiras, 2012] not only describe the use of ontologies in the MDA architecture, but also the original software component, the so-called TwoUse, thus enabling the generation of ontologies in the OWL language based on the UML – UOP profile. This solution is available in the form of a plug-in for the ECLIPSE software under the name UniversAAL
5.	The authors of the paper [Pan, Zhao, 2014], starting with the explanation of the very idea of extending the capabilities of Software Engineering through the Semantic Internet, show interesting research cases concerning MDA architecture and converging ontological standards. In the following chapters, they present consistency checking, application integration management, software analysis, creating a repository of web services, or designing web applications. They also present case studies on ontology design

Source: Own development.

Nevertheless, none of the papers met the adopted PICOC criteria. None of this work directly addresses the issue of creating the ODSD process at the stage of early requirements engineering.

Therefore, in the last third step, the interesting issue of ODSD process specification was linked to the process from which it originated, i.e., MDSD (Model Driven Software Development). At the outset, it should be recalled that the model-based approach to software development has been strongly popularized by IBM, and the Rational Unified Process (RUP). The documentation on RUP [Pénaire et al., 2007] details the importance of stakeholders in key activities:

- Balance competing stakeholder priorities,
- As a benefit of the “Demonstrate value iteratively” activity titled “Trust among stakeholders”.

In the initiation phase:

- The overriding goal of the initiation phase is to achieve consensus among all stakeholders on the lifecycle objectives for the project.
- The primary goal of the initiation Phase is to achieve concurrence among all stakeholders on the project scope and to ensure that the project is both worth doing and possible to do.
- As one of the milestones “Stakeholder concurrence on scope definition and cost/schedule estimates”.

- The Prepare Project Environment activity prepares the development environment for a project, which includes both processes and tools. This activity includes establishing an environment where the overall product can be developed, built, and made available to stakeholders.

In the elaboration phase:

- As one of the milestones “All stakeholders agree that the current vision can be met if the current plan is executed to develop the complete system in the context of the current architecture”.

In the development phase:

- As a criterion for evaluation “Are all the stakeholders ready for the transition into the user community?”
- Ensure that the solution is ready to be delivered to the users and stakeholders.

In the development phase:

- Achieving stakeholder concurrence that deployment baselines are complete.
- Achieving stakeholder concurrence that deployment baselines are consistent with the evaluation criteria of the vision.
- In addition, stakeholders in the development of the method itself steering the work of team members (e.g., RUP) are of considerable importance “we recommend that you involve other stakeholders in the evaluation of the method, such as practitioners and clients, to make sure that the method is consumable and meets the stakeholders’ expectations” [Péraire et al., 2007, s. 218].
- Get feedback on the Method Sketch from stakeholders.
- Get feedback on the Method Structure from stakeholders.

12.2. Research method

At the beginning it is important to clarify about DSR (Design Science Research) [Hevner et al., 2010]. DSR is a methodological approach to creating artifacts that serve human purposes [Dresch, Lacerda, Antunes Jr, 2015]. DSR is the right approach to conducting research on software engineering processes and methods, including when intervention research are used [Iivari, Venable, 2009]. The DSR paradigm presented in Fig. 2 specifies complementary cycles of relevance, design and rigor. More information on DSR can be found e.g. [Pańkowska, 2013]. The interpenetration of these three cycles justifies the conducted research work and leads to the development of science. The following sections characterize the research methods that cooperate with each other within the DSR cycles.

- Educational Action Research (EAR): This method will be used to understand the research environment and its needs e.g. a university.

- Eclipse Process Framework (EPF): This framework will be used to design the ODSO Process Specifications.
- Systematic Literature Review (SLR): This review will determine the novelty of the research and its contribution to existing knowledge.

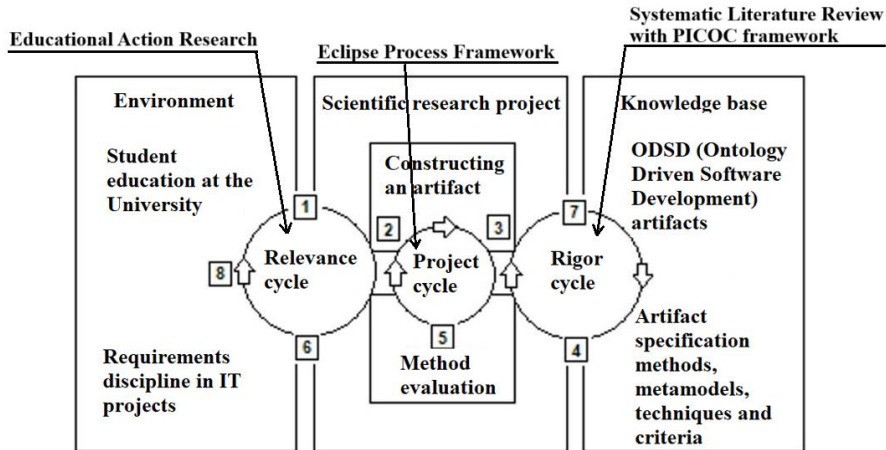


Fig. 2. DSR project cycles

Source: Own elaborated based on: Pańkowska [2013].

12.2.1. Educational Action Research

EAR (Educational Action Research) initiated in the work of [Dewey, 1938] promotes the work of the teacher whose teaching is embedded in the specifics of society and meets the needs and problems of society. Relevant to this is the spiral of intervention research presented in Fig. 3, as a consequence of which the teacher reflects on his or her conduct.

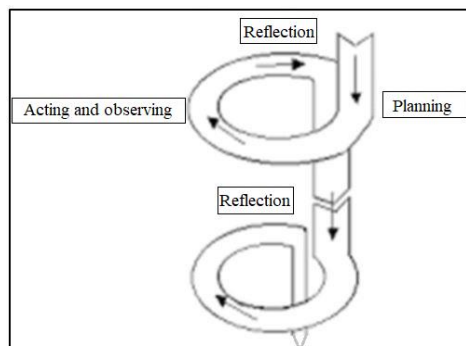


Fig. 3. The spiral of intervention research

Source: Kemmis, McTaggart [1988, p. 5].

12.2.2. Eclipse Process Framework

The author of the study uses EPF (Eclipse Process Framework) to specify the ODSD process. EPF was created to specify software engineering methods and process [Eclipse, 2018]. EPF is an example of a framework that is based on the SPEM metamodel described in the theoretical foundations. As a result, EPF is used to construct the artifact in the project cycle (presented in Fig. 3). EPF is an international standard, and its core functionality and API enable users to:

- specify methods and processes,
- manage libraries,
- configure and publish work results, i.e., methods and processes.

12.2.2.1. Software and Systems Process Engineering Meta-Model

It is worth noting at the outset the essence of the concept of a metamodel. The term metamodel can be explained as defining the structure, semantics, and constraints for other models. It is a ‘model of a model’, an abstraction that describes how to create and interpret models within a given domain. Specifically, in software engineering, there is the ISO/IEC 24744 standard, Software engineering – Metamodel for development methodologies (ISO, 2014). By using this standard, one can create methodologies. In the field of computer science, the concept of a metamodel was popularized in the 1990s by the OMG organization, responsible for languages used in BPM, such as UML (Unified Modeling Language) and BPMN (Business Process Modeling Notation).

The Software and Systems Process Engineering Meta-Model (SPEM) is a metamodel for the description and specification of software engineering processes. The current second version of this metamodel, SPEM 2.0, was described in a document [OMG, 2008]. Based on this version, software such as EPF Composer [Eclipse, 2018] and IBM® Engineering Lifecycle Optimization – Method Composer [IBM S.A., 2022] has been developed. The extensive SPEM specification includes, among other things, the architecture of the metamodel, which is characterized for the purposes of this chapter.

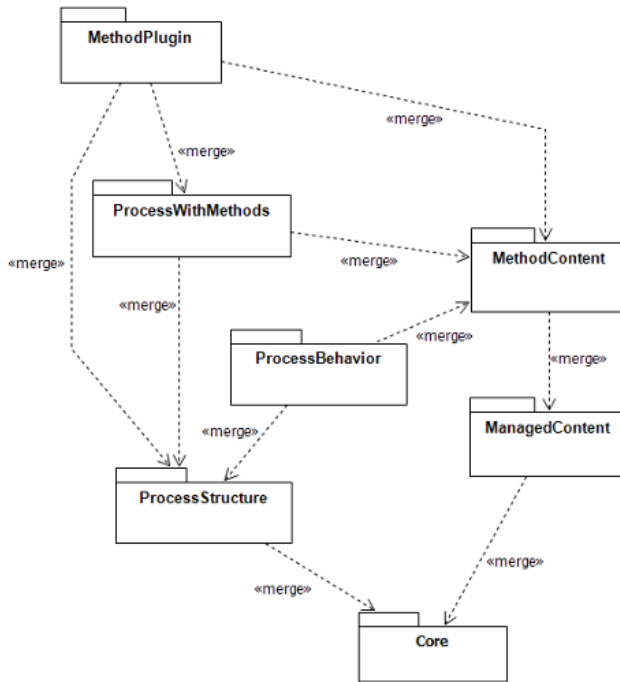


Fig. 4. Structure of the SPEM 2.0 Meta-Model

Source: OMG [2008, p. 2].

- The packages illustrated in Fig. 4 are responsible for the following capabilities:
- Core contains classes and abstractions that form the basis for classes in all other metamodel packages.
 - Process structure defines the foundation for all process models, enabling the creation of simple and flexible models.
 - Process behavior allows the expansion of the Process structure with behavior models.
 - Managed Content introduces concepts for managing the content of process descriptions, which can be used independently or in combination with process structure concepts.
 - Method content enables the construction of a knowledge base on software development. It defines elements that describe methods, techniques, and best practices in software development.
 - Process With Methods extends and modifies existing structures to connect processes defined in the “Process Structure” with methods and techniques described in “Method Content”.
 - Method plugin defines how to create and manage large, scalable, and configurable libraries of processes and methods.

12.2.3. Systematic literature review

The PICOC framework (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) helps to choose the right keywords for our literature review. The literature review is intended to determine whether there is an answer to the problems described in the introduction to the chapter in the literature on the subject.

When conducting research embedded in a social context, the PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Context) framework becomes a valuable tool. This framework helps formulate clear and focused research questions in the social sciences [Mazur, Orłowska, 2018]. In this specific research, PICOC is relevant because the social problems identified through Educational Action Research (EAR) will inform the specification of the ODSD process. Table 3 outlines the specific PICOC criteria that will guide the literature review.

Table 3. PICOC conceptual framework

PICOC criteria	Description
P (Population)	The population of those surveyed, e.g., academics or students, is defined
I (Intervention)	The activity to which the literature is to refer, such as method, is indicated
C (Comparison)	It refers to the comparison of, for example, effectiveness, costs and ways of solving the problem. In observational studies, it is a comparison group
O (Outcomes)	Informs about the outcome of the intervention or the consequences of exposure
C (Context)	Identify specific countries, areas and conditions. The University may be an example of context

Source: Own elaboration based on: Mazur, Orłowska [2018].

12.3. Analysis of results

12.3.1. Analysis of surveys from the EAR

Clearly identifying project stakeholders is essential from the outset, as it provides the foundation for subsequent activities like gathering stakeholder expectations. Freeman’s influential definition of stakeholders reinforces this point: “any person or group that can influence or is influenced by the achievement of the organization’s goals” [Perska-Tembłowska, 2019, p. 178]. Simply put, achieving project initiation without stakeholder buy-in can be challenging. As the saying goes, “mistakes made at the beginning are the most costly to correct”. Failing to identify all stakeholders introduces significant risk to project success.

The questionnaire aimed to determine if all stakeholders were defined in the projects studied. However, achieving a truly “all-encompassing” list can be difficult without defining the project domain first. In software engineering, the

discipline of business analysis serves this purpose. From a practical standpoint, skipping this analysis might only be justifiable for highly experienced individuals with deep domain knowledge (e.g., a CEO with 20 years of experience leading the organization). Figure 5 presents key observations regarding the process of defining project stakeholders.

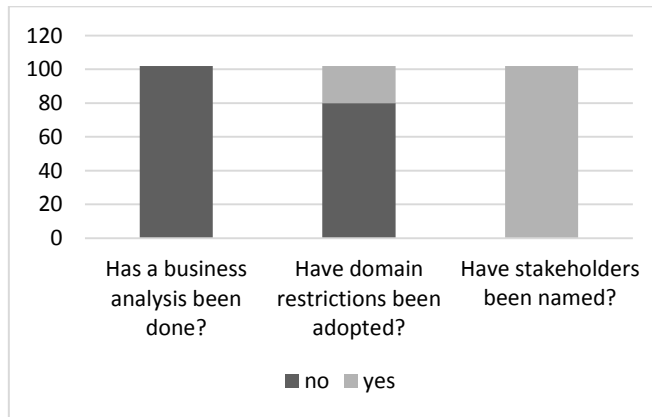


Fig. 5. Defining stakeholders

Source: Own elaborated.

The survey of 102 respondents yielded interesting results. Notably, none of the groups felt the need to conduct a business analysis, yet none reported issues with stakeholder identification. However, only 22 respondents considered domain limitations when defining stakeholders, while 80 defined them without such restrictions.

It's important to distinguish between early requirements engineering and target requirements engineering in this context. This research focuses on the technical vision, which is the initial planning stage preceding project implementation. Early requirements engineering, as detailed in [Felfernig, 2017], is concerned with:

- Analyzing the operational environment where the software system will function [Fuxman et al., 2003].
- Identifying similarities and differences in stakeholders' mental models [Burgemeestre et al., 2009].

These two concepts, operational environment, and mental models, are crucial in our research and require specific team member expertise. In software engineering, business analysts typically handle these tasks. Organizations like IIBA (International Institute of Business Analysis) [International Institute of Business Analysis, 2015] and GASQ (Global Association for Software Quality) promote best practices for this work.

Considering the reported omission of business analysis in Fig. 4, the survey results on stakeholder expectations in Fig. 6 are particularly interesting.

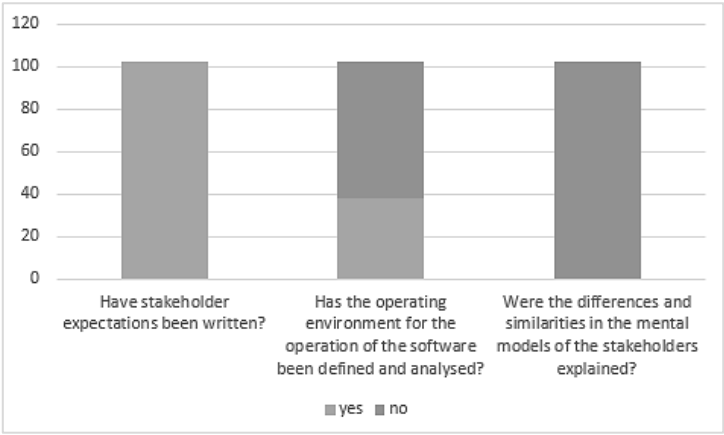


Fig. 6. Stakeholder expectations

Source: Own elaborated.

The survey results reveal a significant disparity in how respondents approached stakeholder expectations. While all 102 respondents described stakeholder expectations, none mentioned potential differences between stakeholder viewpoints.

Furthermore, 38 respondents considered the operational environment of the IT solution, while 64 did not address this aspect at all.

From the perspective of requirements engineering, this observation aligns with the concept of stakeholder expectations being the “tip of the iceberg” compared to the deeper issue of mental models [Felfernig, 2017]. However, the complexity of mental models is beyond the scope of this article.

It’s noteworthy that interviewees primarily focused on future system users when discussing stakeholder expectations. Project experience and a practical perspective often prioritize the market.

However, real-world project implementation necessitates considering a broader range of stakeholders. For example, legal regulations like the General Data Protection Regulation (GDPR) [EU Regulation 2016/679] introduced by the European Parliament and Council of the European Union act as stakeholders. Similarly, technology giants (for example Microsoft, Google, Amazon) with significant influence on software design, such as operating system and network service providers, should also be considered as stakeholders.

12.3.2. ODSD process design assumptions

The project concerns the specification of the ODSD process at the early requirements engineering stage and in the area of stakeholder formulation and specification of their expectations. It is not excluded that the results of the activities at this stage will be updated later in the work. Nevertheless, based on the results of the surveys presented in section 12.4.1, the expectations of team members in the surveyed categories should be taken into account:

- The ability to identify stakeholders without the need to use a traditional business analysis workshop.
- Ability to record stakeholder requirements without the need for human involvement in reconciling any differences and compatibility.
- Provide the optional ability to specify the domain and operational environment of the designed system and the possibility of using these specifications (e.g., via a reasoning ontology service).

In addition to the inclusion of surveys, the concepts mentioned in early requirements engineering are of considerable importance. One of them, concerning the operational environment, has already been mentioned earlier. However, another concept, i.e., mental models is interesting. So, the question is:

- What mental models do the stakeholders represent?

The last area considered in the ongoing research on the ODSD process is related to the literature review of the RUP software development modeling approach itself. With the exemption interest in early requirements engineering, of interest are:

- Balance competing stakeholder priorities.
- Trust among stakeholders during “Demonstrate value iteratively”.

Nevertheless, the other issues mentioned in the RUP are important, but not feasible at the early requirements engineering stage. Due to the fact that early requirements engineering is not directly concerned with the phases of initiation, elaboration, development and deployment. Which does not change the fact, however, that according to the model presented by Fig. 7 [Jacobson, Spence, Bittner, 2011], the stakeholder is directly related to the relevant design artifacts, i.e.: requirements, use cases, user stories, and changes. This methodological aspect provides a perspective on the implications of work dedicated to stakeholder identification and expectations. It also allows one to imagine the professionalization of work dedicated to, for example, eliciting requirements from stakeholders.

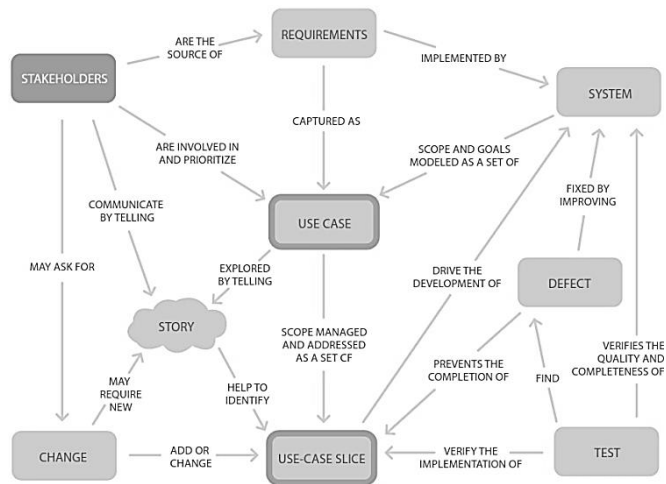


Fig. 7. Use-case 2.0 Concept Map

Source: Jacobson, Spence, Bittner [2011, p. 13].

Nevertheless, already at this stage, one can see differences from the original Unified Process practices promoted by RUP:

- **Agile Approach to Business Analysis:** The approach to business analysis is shifting towards a more agile methodology. However, this doesn't negate the importance of pre-project activities and artifacts influencing project execution.
- **Emphasis on Early Requirements Engineering:** Pre-project activities and artifacts associated with early requirements engineering are gaining greater significance.
- **Formalizing Ontologies:** Ontologies should not only formalize the traditional artifacts mentioned in unified practices (stakeholders, stakeholder requirements, domain) but also encompass those derived from research observations, such as mental models and the operational environment.

12.3.3. ODSD process specification

The project has resulted in the initiation of an ODSD process according to EPF guidelines. The draft made available at <http://odsd.ue.katowice.pl> is the first step in this specification.

The characterized project required the establishment of a “new method library”. The purpose of the work, according to the described research study, is to register the discipline of “early requirements engineering”. This discipline makes it possible to specify the design artifacts presented in Fig. 8 Work products in the ODSD process specification. From the perspective of the basic configuration

(analogous to the OpenUP library), one of the first steps was to define a new “content package” in which design artifacts were specified. Each artifact was described in the library to provide basic information to users of this ODSD library.

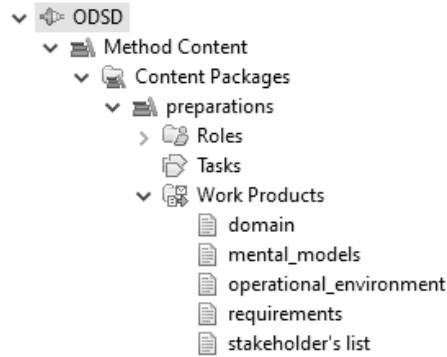


Fig. 8. Work products in the ODSD process specification

Source: Own elaborated with EPF Process Framework.

A crucial aspect of this research is clarifying the activity specifications within the ODSD process. This includes defining the tasks associated with creating and utilizing the process artifacts.

Significantly, the survey results strongly align with the core principles of agile approaches. As stated in the official Scrum guide by [Schwaber, Sutherland, 2020, p. 3]: “Rather than provide people with detailed instructions, the rules of Scrum guide their relationships and interactions”. This emphasizes that the ODSD process should define specific roles, but within a framework that respects the principles of the Unified Process.

The ODSD process specification interestingly introduces the role of “Knowledge Engineer” alongside the more traditional roles of Stakeholder and Analyst. This role is crucial for handling ontologies during project development. From an ontology engineering perspective [De Nicola, Missikoff, Navigli, 2009], collaboration with a domain expert is essential for ontology building. The author proposes that if no stakeholder possesses domain expertise, then including a dedicated domain expert role within the project might be necessary.

While the process specifies roles presented by Fig. 9, it should also provide significant freedom for interaction and collaboration between these roles. This aligns with the core tenet of agile methodologies: empiricism. Knowledge, including that captured within ontologies, should be derived from real-world project experiences. Therefore, project decisions should be based on observations from

the ongoing project, such as the challenges encountered in defining stakeholders and their requirements.

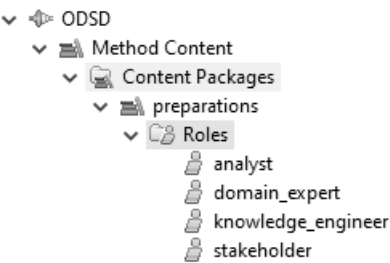


Fig. 9. Roles in the ODSD process specification

Source: Own elaborated with EPF Process Framework.

This specification acknowledges that the need to create or use artifacts within the ODSD process will depend largely on the specific project team and its existing resources. In some cases, relevant ontologies might already exist and can be directly utilized through reasoning services, eliminating the need for their creation within the project.

However, the decision to leverage existing artifacts or create new ones remains the responsibility of the project team, as outlined in Table 4. It’s important to note that artifacts often involve collaboration between multiple roles. For example, defining artifact requirements might necessitate cooperation between the analyst and the knowledge engineer.

Table 4. Role’s responsibility

Roles	Responsibility for artifacts
Analyst	Requirements, operational environment
Domain Expert	Domain, stakeholder’s list, operational environment
Knowledge Engineer	Domain, mental models, operational environment, requirement, stakeholder’ list
Stakeholder	Mental models, requirements

Source: Own elaboration.

While the ODSD process allows for a high degree of freedom, it’s crucial to remember the importance of Fig. 7. This figure highlights the centrality of stakeholders. Stakeholders are the source of requirements that ultimately drive the project’s success. So:

- the first step revolves around defining the stakeholder list artifact,
- the next step focuses on creating the requirements artifact.

This initial work suggests, benefits from collaboration between the domain expert and knowledge engineer. Subsequently, formulating the requirements

involves close interaction between the analyst, knowledge engineer, and stakeholder.

The ODSD process recognizes that while other artifacts (domain, mental models, operational environment) are not the primary focus, they can be crucial for specific projects. Utilizing these supporting artifacts might be critical to ensure proper responsibility is taken for stakeholder needs, especially in projects that lack thorough business analysis or domain expertise among stakeholders (as identified in the surveys).

Fig. 10, which follows this text, illustrates the area of early requirements engineering activity within the ODSD process, as revealed by the survey findings.

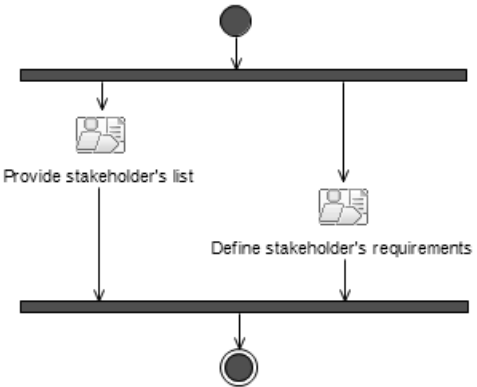


Fig. 10. Basic activities

Source: Own elaborated with EPF Process Composer.

As an example, the activity specification provides a stakeholder’s list, as presented in Fig. 11. What is important in this diagram is that the use of the ontology is not necessary. However, team members should use this ontology when the stakeholder list is not complete. It is worth noting here that identifying this list of stakeholders can be challenging even for a domain expert. This is because these stakeholders can only be revealed after deeper analysis, e.g. very competitive PaaS (Platform as a service) providers like Amazon (EC2), Google(App Engine), Microsoft(Azure). These providers provide, among other things, resources that adapt to the growing number of users of software available in the cloud, which has a real impact on non-functional design requirements.

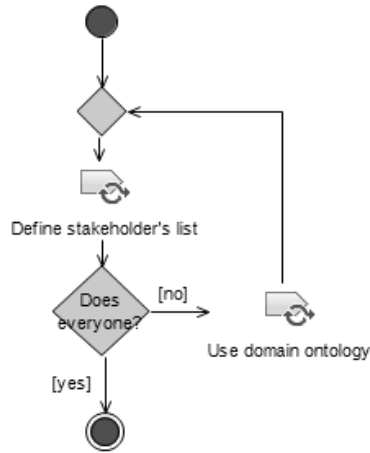


Fig. 11. Key tasks for activities provide stakeholders list

Source: Own elaborated with EPF Process Composer.

12.4. Discussion of results

At the beginning of this point, it can be noted that the presented research is the result of the methods used within the DSR paradigm. In these first words, it can be explained that the research was to lead to the production of an artifact in the DSR project cycle – the ODSD manufacturing process specification. To achieve this, it was important to understand social problems in the relevance cycle. Equally important was to learn about the state of knowledge contained in the literature and to get an answer to the question – what has not been done yet and what ODSD artifact is needed?

The first sub-point, “Analysis of surveys from the EAR”, relates directly to the stage of determining the significance of the research within the research cycle. Surveys, as a research tool, enabled the identification of research problems specific to the academic environment. The information obtained in this way was used to select the relevant literature, which is a key element of ensuring the reliability of the research.

The next subsection of the “ODSD process design assumptions” provides guidelines for the specified ODSD process. On the basis of the needs of students identified in the relevance cycle, the author has adopted certain guidelines. At this point, you can find a kind of synthesis and decisions regarding the ODSD process at the early requirements engineering stage. It’s important to acknowledge the potential challenges arising from potentially conflicting team member expectations regarding the ODSD process, especially when business analysis is omit-

ted. This raises the question: How can we ensure the quality of stakeholder identification in such scenarios?

Despite these challenges, formal ontologies can play a significant role in the ODSD process. Ontologies are crucial for enabling technologies like the semantic web, artificial intelligence, knowledge management, machine learning, and cloud computing. In essence, they offer a powerful tool within the ODSD process.

As a result of the use of ontology services, such as reasoning – the capabilities of a typical design approach focusing on traditional human teams are expanded. In the case studied, the use of an ontology service for reasoning would allow projects to obtain missing information.

As part of the discussion, the diagram presented in Fig. 12 can be mentioned of the here, in which the use of level 4 advisory languages is mentioned.

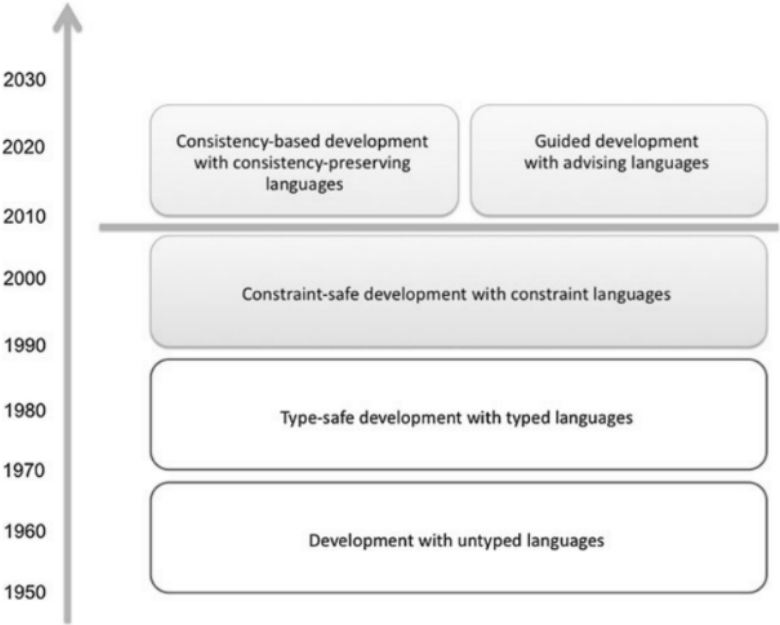


Fig. 12. Software development over time

Source: Pan et al. [2013, p. 3].

The research findings highlight the importance of specific ODSD activities and tasks. If these activities are poorly executed (e.g., stakeholders not identified, operational environment not characterized), the software product will likely suffer from the quality attribute issues listed in the “Consequences of omitting specified ODSD tasks” column of Table 5.

Table 5. Consequences of omitting specified ODSD tasks

ODSD artifacts	Consequences of omitting specified ODSD tasks
– Stakeholders – Stakeholder’s requirements – Stakeholder’s mental models	In a situation where stakeholders and their requirements or mental models are not defined, problems are predicted regarding: functional completeness, functional correctness, and functional appropriateness
– Domain – Operating environment	In a situation where the target operating environment or domain is not clarified, the problem may include such features as: co-existence and interoperability

Source: Own elaborated.

In the last section, entitled ODSD process specification, the ODSD process specification is presented. This point is the solution to the problems posed in the article. Work outputs and tasks are listed here, and a certain flexibility in the cooperation of team members is characterized.

Within the field of software engineering, a key achievement is the ability to define methods that consistently produce high-quality design artifacts. However, there is ongoing debate about how to best specify the relevant areas of the ODSD software manufacturing process. While the author anticipates future changes will influence this work, they initially propose incorporating the Unified Process into the ODSD specification. The literature review lists the most popular RUP approach, although it can be noted that there are also non-commercial equivalents on the market, such as the OpenUP library [Eclipse, 2018]. The Unified Process includes a concept called the “technical vision” which focuses on specific tasks during project initiation. These tasks include:

- defining the project’s stakeholders,
- gathering requirements from stakeholders.

Stakeholder competency at this early stage is equally important. The stakeholders’ mental models [Felfernig, 2017] significantly influence the requirements that are carried forward throughout the project lifecycle.

To sum up, the development of high-quality software requires the use of a development process. This process, in turn, evolves on its own, and the effective use of the process can cause problems even for professionals. It is important to adapt this process to the needs of the market. No less important is the EPF framework itself, which allows for the creation and dissemination of this process specification. This article highlights the importance of extending the ODSD process to include early requirements engineering. This poses a number of challenges, starting with the dissemination of the importance of ontologies in the software development process and the ODSD process. Then adapt these ontologies to new areas of these development processes.

Conclusions

The aim of this article was to present research on the specification of a new area of the ODSD development process, related to the issues of early requirements engineering. The author pointed out at the beginning that the quality of a software product, along with the attributes that represent this quality, is constantly evolving. Therefore, it is important to evolve the very processes and methods of software engineering that allow us to meet this quality.

This article focuses on the evolution of the MDSD (Model Driven Software Development) approach with the use of ontologies. The author is interested not only in the challenges faced by the IT project contractor, but above all in the stakeholders who have a real impact on the course of work of the production teams. Believes that connecting different stakeholder environments and performers (including students) through ontologies will improve the quality of the software product. To this end, it extends the ODSD process and specifies the relevant area of the so-called early requirements engineering.

The author uses the results of a survey conducted among 102 students, focusing on the challenges of “early requirements engineering” (defining requirements early in the development process). The study highlights the conflicting requirements for software development projects:

- High-quality software: Meeting the expectations of ISO/IEC 25010 standards for high-quality software requires thorough design work.
- Agile approach: However, team members often emphasize the importance of agility, a methodology that prioritizes flexibility and rapid iteration.

This tension between quality and flexibility can lead to problems with software attributes, such as functional usability and regulatory compliance, for example. The described paper proposes a solution based on the inclusion of ontologies in the software development process. This is in line with the evolution of the use of advising languages to support software development processes – presented in the Fig. 12.

The ODSD process specification uses ontologies at the early stage of software engineering. As a result of the conducted research, it is important to know what stakeholders and their expectations are. An interesting aspect of this research is the establishment of a methodological link with related disciplines, such as knowledge management and others based on formal representation of knowledge (e.g. machine learning or artificial intelligence).

Research shows that the development of high-quality software requires greater IT support for development teams, such as the use of ontological reasoning services. The described research is carried out at the University of Economics in Katowice at <http://odsd.ue.katowice.pl>

Literature

- Burgemeestre B., Liu J., Hulstijn J., Tan Y. (2009), *Early Requirements Engineering for E-Customs Decision Support: Assessing Overlap in Mental Models*, Proceedings of the Forum of the CAiSE Conference, s. 31-36.
- De Nicola A., Missikoff M., Navigli R. (2009), *A Software Engineering Approach to Ontology Building*, „Information Systems”, Vol. 34(2), s. 258-275, <https://doi.org/10.1016/j.is.2008.07.002>.
- Dewey J. (1938), *Experience and Education*, Kappa Delta Pi.
- Dresch A., Lacerda D., Antunes Jr. J. (2015), *Design Science Research. A Method for Science and Technology Advancement*, Springer, Cham, Heidelberg.
- Eclipse (2018), *Projekt EPF (Eclipse Process Framework)*, <https://projects.eclipse.org/projects/technology.epf>.
- Felfernig A. (2017), *Requirements Engineering*, <https://slideplayer.com/slide/14316126/>
- Fuxman A., Liu L., Pistore M., Roveri M., Mylopoulos J. (2003), *Specifying and Analyzing Early Requirements: Some Experimental Results*, RE Conference, 105.
- Gašević D., Djurić D., Devedžić V. (2009), *Model Driven Engineering and Ontology Development [w:] Model Driven Engineering and Ontology Development*, Springer Berlin, Heidelberg, s. 125-155, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00282-3>.
- Global Association for Software Quality (n.d.), *IREB CPRE (Certified Professional for Requirements Engineering)*, <https://www.gasq.org/en/home.html>.
- Hevner A., Chatterjee S. (2010), *Design Research in Informations Systems*, Integrated Series in Information Systems, Springer Science Business Media, Heildeberg.
- IBM S.A. (2022), *IBM® Engineering Lifecycle Optimization – Method Composer*, <https://www.ibm.com/docs/en/engineering-lifecycle-management-suite/lifecycle-optimization-method-composer/7.6.1?topic=overview>.
- Iivari J., Venable J.R. (2009), *Action Research and Design Science Research – Seemingly Similar but Decisively Dissimilar*, „17th European Conference on Information Systems, ECIS 2009”, Verona.
- International Institute of Business Analysis (2015), *BABOK ® v3 A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge ®*.
- ISO (2011), *ISO/IEC 25010:2011 Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE) – System and software Quality Models*, <https://www.iso.org/standard/35733.html>.
- ISO (2014), *ISO/IEC 24744 Software Engineering – Metamodel for Development Methodologies*, <https://www.iso.org/standard/62644.html>.
- Jacobson I., Spence I., Bittner K. (2011), *USE-CASE 2.0 The Guide to Succeeding with Use Cases*, https://businessanalystblog.squarespace.com/s/Use-Case2_0_Jan11.pdf

- Kemmis S., McTaggart R. (1988), *The Action Research Planner*, Deakin University, Geelong, <https://academia.uat.edu.mx/pariente/do/Lecturas/The%20action%20research%20planner.pdf>
- Kendall E.F., McGuinness D.L. (2019), *Ontology Engineering*, Morgan and Claypool.
- Kossmann M., Wong R., Odeh M., Gillies A. (2008), *Ontology-driven Requirements Engineering: Building the OntoREM Meta Model*, „2008 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications”, IEEE 2008, s. 1-6.
- Machura A. (2022), *Generation of Domain Ontologies to Reveal Information System Requirements*, University of Economics in Katowice, Katowice
- Mazur Z., Orłowska A. (2018), *How to Plan and Conduct a Systematic Literature Review (How to Plan and Conduct a Systematic Literature Review)*, „Polish Psychological Forum”, Vol. 23(2), s. 235-251.
- OMG (2008), *Software & Systems Process Engineering Metamodel*, <https://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/PDF>
- Pan J.Z., Staab S., Aßmann U., Ebert J., Zhao Y. (2013), *Ontology-Driven Software Development*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31226-7>.
- Pan J.Z., Zhao Y. (2014), *Semantic Web Enabled Software Engineering*, Akademische Verlagsgesellschaft, Berlin, <https://ebooks.iospress.nl/volume/semantic-web-enabled-software-engineering>
- Pańkowska M. (2013), *Seminar for Doctoral Students – The Paradigm of Scientific Research of Hevner et al.*, <https://p.ue.katowice.pl/pank/DSRHevner.pdf>.
- Parreiras F.S. (2012), *Semantic Web and Model Driven Engineering*, John Wiley & Sons, Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE.
- Péraire C., Edwards M., Fernandes A., Mancin E., Carroll K. (2007), *The IBM Rational Unified Process for System z*, International Business Machines Corporation (IBM).
- Perska-Temblowska A. (2019), *Interesariusze w procesie formułowania celów strategicznych gmin i zasady ich współdziałania*, „Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów”, z. 175, s. 177-185.
- Schwaber K., Sutherland J. (2020), *Scrum Guide*, Ken Schwaber and Jeff Sutherland.
- Standish Group's Board (2014), *Chaos report*, <https://simpleisbetterthancomplex.com/media/2016/10/chaos-report.pdf>

Marnotrawstwo cyfrowe na przykładzie szkół wyższych

Wprowadzenie

Obecnie od szkół wyższych oczekuje się sprawności działania oraz wysokiej jakości usług przy racjonalnym wydatkowaniu funduszy publicznych. Od lat 90. XX wieku uczelnie w celu doskonalenia systemów i procesów zarządzania z powodzeniem wdrażają metody i techniki zarządzania, takie jak lean management czy lean six sigma [Maciąg, 2019; Antony, Raja, Chakraborty, red., 2021]. Podkreśla się, że wykorzystanie lean sprzyja równoważeniu działalności uniwersytetu zgodnie z celami SDG (Sustainable Development Goals) [Hartanti i in., 2022; de Souza Lima i in., 2023]. Dodatkowo nowy kontekst działania tworzy czwarta rewolucja przemysłowa (Industry 4.0), która promuje zróżnicowane rozwiązania technologiczne mające na celu podniesienie innowacyjności i konkurencyjności organizacji. W uczelniach przejawia się ona w wykorzystaniu nowoczesnych informatycznych systemów zarządzania, aplikacji, narzędzi automatyzacji i robotyzacji, w tym AI (chatboty, Virtual Teaching Assistant (VTI), Intelligent Tutoring Systems (ITS), wirtualna rzeczywistość itp.) [Mamadou, Expósito, 2020]. Rozwija się koncepcja smart university [Lenart-Gansiniec, 2019].

Badacze wskazują, że lean jest warunkiem wstępnym wdrażania Industry 4.0 [Tsukada, Ibusuki, Kuchii, 2024], jest istotnym elementem sukcesu cyfryzacji, przyspiesza także ten proces poprzez eliminację marnotrawstwa oraz nieustanne doskonalenie [Frecassetti, Rossini, Portioli-Staudacher, 2024], a nowe modele zarządzania, oparte na kombinacji lean z technikami Przemysłu 4.0, przynoszą pozytywne wyniki w optymalizacji kosztów pracy oraz jakości [Alieva, Haartman, 2020]. Pojawia się nowe pojęcie lean 4.0 rozumiane jako automatyzacja metod i technik lean [Alieva, Haartman, 2020; Alieva, Powell, 2023], czy też wsparcie procesów digitalizacji i cyfryzacji poprzez metody i techniki lean [Rossi i in., 2022]. Zwraca się jednak uwagę, że nadal w warunkach Industry 4.0 słabo zbadana jest podstawowa kategoria lean, jaką jest marnotrawstwo. W szczególności

dotyczy to nowej kategorii nazwanej marnotrawstwem cyfrowym (*digital waste*). Alieva i Haartman [2020] wskazują, że pierwsze publikacje na temat digital waste/digital muda w odniesieniu do przemysłu pojawiają się 2012 roku. W przypadku szkół wyższych wstępna analiza literatury przedmiotu pokazuje, że brakuje opracowań podejmujących tematykę digital waste w kontekście lean management oraz Industry 4.0.

Celem rozdziału jest stworzenie modelu koncepcyjnego do badania marnotrawstwa cyfrowego w szkołach wyższych. Celami szczegółowymi są: rozpoznanie kategorii digital waste oraz usystematyzowanie wiedzy na ten temat w odniesieniu do szkół wyższych. W pracy postawiono następujące pytanie badawcze: w jaki sposób jest definiowane marnotrawstwo cyfrowe, jakie są jego źródła i jakie rekomendacje są formułowane w zakresie eliminacji digital waste w szkołach wyższych.

13.1. Metodyka badania

W badaniu zastosowano strategię badań jakościowych [Creswell, 2013]. Z uwagi na duże zróżnicowanie oraz rozproszenie źródeł literatury przedmiotu i innych danych zastanych w zakresie digital waste do przeglądu literatury wykorzystano integracyjny przegląd literatury przedmiotu [Torraco, 2005]. Dodatkowo opis wzbogacono o studia przypadków pochodzące z badań własnych autorki realizowanych w szkołach wyższych w trakcie projektów naukowych i aplikacyjnych [Babbie, 2013].

W celu przeprowadzenia integracyjnego przeglądu literatury przedmiotu przeszukano bazy danych, takie jak: EBSCO, Emerald, SCOPUS, pomocniczo Google Scholar oraz Research Gate. Dodatkowo dokonano wstępnej analizy treści zawartych w medium społecznościowym LinkedIn. Bazy danych przeszukano słowami kluczami: digital waste, lean management lub/i higher education/university/colleges. Do analizy włączono artykuły zamieszczone w polskich i anglojęzycznych recenzowanych czasopismach naukowych w latach 2000-2024. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki analizy baz danych (stan na 20.06.2024)

Kryteria wyszukiwania /baza danych	EBSCOHOST	Emerald	SCOPUS
1	2	3	4
digital waste, lean management (tytuł)	4	0	4
digital waste, lean management (słowa kluczowe)	8 (6 pełnotekstowych, odrzucono 2)	3	–
digital waste, lean management (abstrakt)	3 (2 pełnotekstowe, odrzucono 2)	–	64 (odrzuciono 35)

cd. tabeli 1

1	2	3	4
digital waste, lean management lub/i higher education/university/college (tytuł)	0	1	0
digital waste, lean management lub/i higher education/university/college (słowa kluczowe)	0	1	1 (odrzucono)
digital waste, lean management lub/i higher education/university/college (abstract)	1	–	5 (odrzucono 4)

Źródło: Opracowanie własne.

Jako kryterium wyłączenia zastosowano brak wybranych słów kluczy. Duplikujące się tytuły usunięto przy wykorzystaniu programu CITAVI.

W badaniu zastosowano metodę wielokrotnego studium przypadku, które jest odpowiednią metodą badawczą do analizy i generalizacji wyników badania [Yin, 2014]. Przedstawiono 8 studiów przypadków. Pochodzą one z badań prowadzonych przez autorkę, będącą konsultantką projektów usprawniających w polskich szkołach wyższych (zarówno publicznych, jak i prywatnych). Starano się tak dobrać przypadki, aby jak najszerzej opisywały występujące zjawisko marnotrawstwa cyfrowego w badanych uczelniach.

13.2. Marnotrawstwo cyfrowe – wyniki analizy literatury przedmiotu

Wyniki analizy literatury przedmiotu pozwalają na wstępne rozpoznanie i usystematyzowanie wiedzy o digital waste w następujących zakresach: definiowanie kategorii marnotrawstwa, rodzaje, źródła, metody badania i eliminacji oraz skutki.

Definiowanie marnotrawstwa w koncepcji lean

Marnotrawstwo w koncepcji lean to każde działanie, które zużywa zasoby, a nie dodaje wartości dla klienta (z języka japońskiego *muda*) [Leksykon Lean, 2010]. Do źródeł marnotrawstwa można zaliczyć dwie kategorie działań: działania nietworzące wartości, ale niezbędne do prawidłowej realizacji usługi (np. wynikające z przepisów prawa oraz regulaminów wewnętrznych, zwyczajów i tradycji szkoły), oraz działania nietworzące wartości, zbędne z punktu widzenia klientów zewnętrznych oraz wewnętrznych organizacji. Klasyczny podział źródeł marnotrawstwa, zaproponowany przez Ohno (7 wastes), obejmuje następujące kategorie [Ohno, 1998]: nadprodukcja, czekanie, zbędny transport, nadmierne lub niewłaściwe przetwarzanie, nadmierny stan zapasów, zbędne ruchy oraz defekty

i błędy. Dodatkowo dodaje się jeszcze 8 kategorii – niewykorzystana kreatywność pracowników [Douglas, Douglas, Antony, 2013; Douglas, Antony, Douglas, 2015]. Dla określenia powyższych kategorii powszechnie stosuje się też skrót TIMWOODS (transport, inventory, movement, waiting, overprocessing, overproduction, defects/rework, skills).

Analiza literatury przedmiotu wskazuje, że systematyka źródeł marnotrawstwa nie może być bezrefleksyjnie adaptowana z przedsiębiorstw produkcyjnych do sektora usług, a szczególnie szkolnictwa wyższego. Balzer proponuje podział źródeł marnotrawstwa w szkole wyższej na następujące kategorie [Balzer, 2010]: marnotrawstwo w zasobach ludzkich (brak umiejętności pełnego wykorzystania wiedzy, umiejętności i zdolności pracowników i grup pracowniczych), marnotrawstwo w procesach (wynik niedociągnięć w projektowaniu oraz wdrażaniu procesów), marnotrawstwo informacji (w procesach informacyjnych informacje nie wspierają procesów uczelni), marnotrawstwo aktywów – niewłaściwe wykorzystanie zasobów uczelni (ludzkich, infrastrukturalnych, zdolności usługowych). Na podstawie badań prowadzonych w brytyjskich szkołach wyższych Radnor i in. [2006] zaproponowali następujące kategorie marnotrawstwa: opóźnienia, duplikacja, zbędny ruch, niejasna komunikacja, zbędne zapasy, utracone korzyści, błędy oraz niewykorzystane kompetencje ludzi (delay, duplication, unnecessary movement, unclear communication, incorrect inventory, opportunity lost, errors, people [Radnor i in., 2006]). Badania własne przeprowadzone przez autorkę pozwalają wskazać na źródła marnotrawstwa w uczelniach, takie jak [Maciąg, 2019, s. 89]: brak automatyzacji procesów, źle przypisane zakresy odpowiedzialności i kompetencji, brak oceny skutków wdrażanych zmian oraz podejmowanych decyzji, niepotrzebna standaryzacja procesów, brak powiązania pomiędzy procesami (tzw. czarne dziury), zebrania, przepisy prawa oraz ich zmienność.

Pojawienie się nowej kategorii marnotrawstwa cyfrowego wiąże się z procesem digitalizacji i cyfryzacji organizacji, także automatyzacji metod i narzędzi lean management.

Definiowanie i rodzaje marnotrawstwa cyfrowego

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie tematem cyfrowego marnotrawstwa. Jest ono określane również jako digital muda [Alieva, Haartman, 2020] lub e-waste [www2]. Marnotrawstwo cyfrowe jest definiowane jako ślad cyfrowy przyczyniający się do emisji dwutlenku węgla na całym świecie. Głównie jest ono powiązane z danymi surowymi, przetworzonymi, nieaktywnymi lub używanymi oraz ich nieodpowiednim przechowywaniem i zarządzaniem [www1].

Przegląd w tym zakresie przeprowadzili Alieva i Haartman [2020]. Do omawianej kategorii zaliczyli: transport i przetwarzanie zbędnych danych w chmurach obliczeniowych, utrzymywanie i przetwarzanie danych osób zmarłych, utracone korzyści niewykorzystanych technologii cyfrowych, marnowanie danych z punktu widzenia procesów decyzyjnych (ignorowanie ważnych danych, zbieranie danych, ale brak ich przetwarzania w informacje, przetwarzanie danych, które nie są wykorzystane do doskonalenia). Drugim typem marnotrawstwa cyfrowego jest tzw. e-waste. Zgodnie z definicją Parlamentu Europejskiego jest to wycofane z użycia wyposażenie elektroniczne, obejmujące również laptopy, komputery i telefony oraz koszty ich recyklingu [www2]. Według danych UN tylko 20% wyposażenia jest oficjalnie poddawane recyklingowi [www2]. Romero i in. [2019] podkreślają, że eliminacja marnotrawstwa cyfrowego wymaga holistycznego podejścia obejmującego zarówno sferę fizyczną (materialną), jak i cybernetyczną.

Źródła i skutki digital waste

Alieva i Powell [2023] zwracają uwagę, że źródłem cyfrowego marnotrawstwa jest przede wszystkim niewłaściwie realizowana digitalizacja i cyfryzacja procesów w organizacji. Na podstawie przeprowadzonych badań wskazali na wiele czynników, które mogą przyczyniać się do powstawania digital waste. Należą do nich: przywództwo najwyższej kadry kierowniczej, zaangażowanie średniej kadry kierowniczej, edukacja pracowników, koncentracja na społecznej odpowiedzialności biznesu, innowacje, dzielenie się wiedzą, równowaga między pracą a rodziną, satysfakcja z pracy, zaangażowanie pracowników oraz nagrody i uznanie. Tay i Low [2017] wskazują, że w odniesieniu do szkół wyższych wspólna wizja, wsparcie i przywództwo najwyższego kierownictwa, terminowa wymiana informacji i zarządzanie relacjami z kluczowymi interesariuszami są ważnymi czynnikami sukcesu w procesach cyfrowej transformacji.

Skutki cyfrowego marnotrawstwa są różnicowane. Podejmowane są próby wyliczenia śladu węglowego digital waste. Autorzy blogu 2030 Builders [www1] prezentują dane dotyczące globalnego CO₂ wytwarzanego w wyniku działalności online – 306 mld e-maili wysyłanych lub odbieranych dziennie generuje 1,2 bln gramów CO₂ dziennie, 1 mld godzin oglądania dziennie YouTube’a wytwarza 6 mln gramów CO₂ dziennie, 18,7 mld SMS-ów dziennie generuje 261,8 mln gramów CO₂ dziennie. Alieva i Powell [2023] podkreślają, że digitalizacja i cyfryzacja może zabijać kreatywność pracowników, chęć do zmiany i proaktywność z uwagi na tworzenie jednolitych standardów realizacji procesów [Alieva, Powell, 2023].

Metody analizy i eliminacji

Cyfrowe marnotrawstwo można identyfikować tak jak klasyczne marnotrawstwo z wykorzystaniem metod i narzędzi lean, takich jak: mapy strumienia wartości (*value stream mapping*), audyt marnotrawstwa (TIMWOODS, 7 wastes), metody rozwiązywania problemów, tj. 5Whys, 5W2H, diagram Ishikawa itd., FMEA, 5S, Gemba Walk [Balzer, 2010; Maciąg, 2019; Antony, Raja, Chakraborty, 2021; Hartanti i in., 2022]. Podkreśla się, że narzędzia lean mogą być pomocne w likwidowaniu skutków nieefektywnej digitalizacji [Rossi i in., 2022].

Autorzy zalecają podejmowanie zróżnicowanych działań w celu eliminacji lub minimalizacji marnotrawstwa cyfrowego. Można tutaj zaliczyć m.in. realizację koncepcji Green IT (np. przenoszenie danych do chmur danych udostępnianych przez zewnętrznych dostawców, korzystanie z zielonych źródeł energii, ograniczanie oraz racjonalizacja zakupów wyposażenia i usług, wyłączanie urządzeń, zamiast pozostawianie w stanie czuwania, redukcja ilości danych, czy ograniczenie/samoograniczenie się w korzystaniu z Internetu i mediów społecznościowych [www1]).

13.3. Wyniki badania – studia przypadków

Studia przypadków pozwalają na pogłębienie wiedzy o cyfrowym marnotrawstwie w odniesieniu do wybranych przykładów w szkołach wyższych.

Studium przypadku 1 – Proces zakupu w uczelni

Zakupione aparatura, wyposażenie oraz infrastruktura na potrzeby uczelni są wprowadzane do sześciu systemów działających w uczelni oraz trzech systemów zewnętrznych (w zależności od wartości zakupu). Systemy nie są ze sobą zintegrowane, co wywołuje konieczność ręcznego wprowadzania lub przepisywania danych. Dodatkowo brakuje jednolitego w całej uczelni standardu numerowania wprowadzanych pozycji majątku, co powoduje powstawanie problemów z identyfikacją i identyfikowalnością środków trwałych.

W tym przypadku digital waste to zmarnowany czas poświęcony na wprowadzanie i przepisywanie danych ręcznie, ilość defektów/błędów, niska wydajność pracy, czas zmarnowany na identyfikację elementów wyposażenia, niewykorzystane kompetencje specjalistów, co może wywoływać frustracje, opóźnienia w rejestracji i wprowadzania zakupów na stan, co może generować opóźnienia np. w procesach badawczych, realizacji zleceń na potrzeby projektów naukowych i komercyjnych, dublowanie się zakupów w uczelni.

Studium przypadku 2 – Proces recenzowania pracy dyplomowej

W każdej uczelni prace studentów i inne prace naukowe są badane poprzez Jednolity System Antyplagiatowy, który dodatkowo został wzbogacony o funkcje detekcji wykorzystania AI. Problemem, przed jakim stanął wykładowca oraz student, to brak jasnych wytycznych w uczelni dotyczących wykorzystania w trakcie pisania i sprawdzania pracy narzędzi opartych na AI. W trakcie wstępnej oceny pracy wykładowca nabral wątpliwości, co do jej rzetelności. Wstępne badanie wskazało na istnienie nieuprawnionych zapożyczeń oraz wykorzystanie w pewnych fragmentach AI. Student twierdził, że z takich narzędzi nie korzystał.

W tym przypadku digital waste to czas poświęcony przez wykładowcę na badanie rzetelności pracy, studenta na jej poprawianie oraz frustracja obojga wywołana brakiem jasnych wytycznych. Dodatkowo studenci w trakcie studiów realizują kurs z zakresu wykorzystania sztucznej inteligencji w pracy, zatem dodatkowym marnotrawstwem jest brak możliwości zastosowania nabytych przez nich kompetencji w zakresie np. analizy danych.

Studium przypadku 3 – Proces wydawania decyzji o skreśleniu studenta z listy studentów

Proces wydawania decyzji o skreśleniu studenta z listy studentów jest realizowany zgodnie z wymaganiami KPA, ustawy o szkolnictwie wyższym oraz regulacjami wewnętrznymi uczelni (regulamin studiów). Przewiduje się 8 przesłanek do rozpoczęcia tego procesu. Uczelnia nie posiada jednolitego standardu działania, a realizacja procesu jest częściowo procedowana w systemie obsługi studenta oraz z wykorzystaniem elektronicznych formularzy (Excel) oraz tradycyjnej dokumentacji papierowej. W uczelni istnieje wiele praktyk własnych stworzonych przez pracowników, co spowodowało, że faktycznie mamy do czynienia z ok. 400 wariantami tego samego procesu (8 przesłanek x 5 oddziałów uczelni x ok. 10 pracowników w każdym oddziale).

W tym przypadku digital waste to duplikowanie się obiegu papierowego i elektronicznego, wielokrotne wprowadzanie i przenoszenie danych, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia defektów oraz brak porównywalności, monitorowania i kontroli procesu na poziomie uczelni i jej oddziałów. Istniejące w uczelni rozwiązania IT nie zapewniają obsługi tego procesu na wszystkich jego etapach, zatem istnieje potrzeba zakupienia nowego narzędzia z koniecznością integracji z już istniejącymi.

Studium przypadku 4 – Wyjazd na konferencję zagraniczną

W uczelni wdrożono i rozwijany jest system oparty na ERP, który obecnie obsługuje większość procesów operacyjnych, takich jak: delegacje krajowe i za-

graniczne, urlopy, ocenę nauczyciela, ocenę działalności naukowej i inne. Dodatkowo uczelnia wdraża system elektronicznego obiegu dokumentów oraz posiada specjalny system do ewidencjonowania i sprawozdawczości w obszarze projektów (Baza projektów). Problemem, przed jakim stanął doktorant, było wnioskowanie o wyjazd (sfinansowany z programu ministerialnego w ramach szkoły doktorskiej) na międzynarodową konferencję oraz jego rozliczenie. Wniosek należało złożyć równocześnie w dwóch systemach: ERP oraz Bazie projektów, wprowadzając dane, które w dużym zakresie były identyczne. Podstawą do uzyskania oficjalnej zgody na wyjazd była akceptacja przez prorektora delegacji zagranicznej w systemie ERP. Doktorant, który nie jest pracownikiem uczelni, posiadał słabą orientację w jej procedurach wewnętrznych i nie został w tym zakresie dokładnie poinformowany. W efekcie tego złożył wniosek tylko w Bazie projektów. Wyjechał w delegację bez oficjalnej zgody prorektora, co spowodowało, że dodatkowo nie został objęty grupowym ubezpieczeniem gwarantowanym przez uczelnię.

W tym przypadku digital waste to: duplikowanie się systemów informacyjnych o tych samych funkcjach i zakresie gromadzonych danych, czas poświęcony na poszukiwanie danych i rozliczanie delegacji po przyjeździe z wykorzystaniem tradycyjnego (papierowego systemu procedowania), dodatkowe czynności wykonane przez doktoranta i administrację uczelni, brak ubezpieczenia doktoranta w trakcie pobytu za granicą.

Studium przypadku 5 – Aktualizacje

Wniosek o aktualizację istniejącego programu lub nowy program studiów jest stworzony w formie arkusza Excel. Arkusz jest co roku aktualizowany. Z jednej strony jest upraszczany, z drugiej dodawane są nowe funkcje, np. listy-spisy ograniczające wybór wariantów odpowiedzi. Jeśli menedżer programu studiów chce dokonać najmniejszej zmiany, np. zmodyfikować nazwę przedmiotu, musi przepisać większość formularza od nowa.

W tym przypadku digital waste polega na dodatkowej pracy, jaka musi być wykonana przez menedżera programu studiów, oraz ryzyku błędów i pomyłek przy przepisywaniu danych.

Studium przypadku 6 – Proces zatwierdzania wyjazdu na konferencję zagraniczną

Akceptacja i rozliczenie wyjazdu pracownika na konferencję zagraniczną są w pełni z informatyzowane i odbywają się w systemie ERP. Pracownik wprowadza do systemu planowane koszty wyjazdu związane z noclegami, delegacją, opłatą konferencyjną, transportem, zakupem wizy itp. Po zatwierdzeniu danych

delegacja jest wysyłana do akceptacji przez bezpośredniego przełożonego oraz dziekana (akceptacja merytoryczna), pracownika administracji centralnej (akceptacja formalna), prorektora (akceptacja ostateczna). Problem polega na tym, że jeśli pracownik popełnił błąd formalny lub zastosował nieodpowiednie założenie to delegacja jest zwracana do wnioskodawcy z odpowiednią adnotacją o przyczynie odrzucenia (np. wnioskował o wypłatę waluty, która nie jest wypłacana w kasie banku, a informacja na ten temat nie była umieszczona w systemie). Pracownik poprawia otwarty wniosek i powtarza cały proces akceptacji na poziomie wydziału od nowa. Istniejący proces jest wynikiem przekopiowania do systemu ERP tradycyjnego papierowego obiegu dokumentów uczelni, które w pierwszej kolejności były akceptowane na poziomie wydziału, potem poprzez pocztę wewnętrzną były przesyłane do jednostek centralnych. W razie błędów były one zwracane do wnioskodawcy.

W tym przypadku marnotrawstwo cyfrowe to powtarzanie czynności z powodu źle zaplanowanych etapów realizacji procesu (najpierw powinna odbywać się ocena formalna), ponadto wniosek może być kilka razy zwracany i zatwierdzany merytorycznie, jeśli wystąpi błąd.

Studium przypadku 7 – Kompetencje cyfrowe pracowników

Uczelnia ma wykupiony dostęp do pakietu programu Microsoft 360, z którego mogą korzystać pracownicy oraz studenci. Wielu pracowników nie potrafi nadal posługiwać się narzędziami oraz efektywnie je wykorzystywać do tworzenia i zarządzania dokumentami, zarządzania zespołami, przepływem pracy, zarządzania wiedzą w procesach i projektach itp. Podstawowym narzędziem komunikacji jest nadal poczta Outlook i przesyłanie maili. W małym zakresie wykorzystywane są Teams'y w powiązaniu z Planerem i Sharepoint, np. do zarządzania przepływem pracy (Kanban) lub zarządzania wiedzą.

W tym przypadku digital waste to brak wykorzystania funkcjonalności istniejących w uczelni programów, co powoduje nadprodukcję informacji i komunikatów wysyłanych drogą mailową, nieefektywne zarządzanie zespołami, brak transferu wiedzy i organizacyjnego uczenia się w procesach i projektach.

Studium przypadku 8 – Podpisywanie dokumentów

Uczelnia wdraża elektroniczny obieg dokumentów, stąd wielu pracowników uczelni posiada podpis cyfrowy (zakup został sfinansowany ze środków uczelni). W uczelni brakuje jasnych wytycznych, w jaki sposób należy procedować dokumenty, szczególnie w sytuacji, w której podpisy są składane jednocześnie w formie elektronicznej i odręcznej. Pracownik wnioskował do rektora

uczelni o zgodę na podjęcie pracy w innej uczelni. W dostępnych dokumentach znalazł wzór obowiązującego wniosku w formacie pdf. Pobrał zatem plik, przekształcił do formatu edytowalnego, wypełnił dokument, zapisał ponownie w formacie pdf oraz podpisał elektronicznym podpisem i przesłał do swojego przełożonego. Z uwagi na fakt, że przełożony nie używał podpisu elektronicznego (zapomniał PIN), to pracownik administracyjny wydrukował pismo, przekazał je do podpisu. Wniosek został następnie przekazany tradycyjnie w teczce do dziekanatu w celu uzyskania zgody dziekana. Pracownik dziekanatu odesłał z powrotem pismo do wnioskującego pracownika, aby złożył podpis ręczny. Pracownik przyjechał do pracy i po złożeniu podpisu pismo ponownie zostało przekazane do dziekanatu.

W tym przypadku cyfrowe marnotrawstwo polega na wydłużonym oczekiwaniu na decyzję, zbędnym transporcie oraz zbędnych czynnościach, a także na niewykorzystaniu funkcjonalności istniejących systemów obiegu dokumentów z uwierzytelnieniem pracownika (np. ERP, EZD).

Przeprowadzona analiza literatury przedmiotu oraz studiów przypadków pozwalają na wstępną systematykę zagadnień w zakresie kategorii cyfrowego marnotrawstwa oraz wskazania nowych kierunków badań w tym zakresie.

13.4. Dyskusja – digital waste w szkołach wyższych

W podsumowaniu zaprezentowanych wyników badania należy wskazać, że marnotrawstwo cyfrowe, pomimo że staje się głównym źródłem marnotrawstwa w epoce Przemysłu 4.0, jest nadal słabo rozpoznane w literaturze przedmiotu. Szczególnie dotyczy to sektora szkół wyższych.

Definiowanie i rodzaje marnotrawstwa cyfrowego

Przeprowadzona powyżej analiza wskazuje, że kategoria cyfrowego marnotrawstwa powinna być rozszerzona. Autorka proponuje, aby, przyjmując koncepcję lean, digital waste zdefiniować jako wszelkie działania z wykorzystaniem technik Industry 4.0 w organizacji, które zużywają zasoby, a nie tworzą wartości dla klienta (pracownika, studenta, partnera, samej organizacji itd.). W literaturze przedmiotu wskazuje się na różne źródła marnotrawstwa cyfrowego, przyjmując jako kryterium podziału ich rodzaj [Alieva, Haartman, 2020]. Jednak nadal brakuje ich systematyzacji. Autorka proponuje, aby w uczelniach przyjąć ich kategoryzację ze względu na rodzaj oraz źródło pochodzenia. TIMWOODS uzupełniony o utracone korzyści [Alieva, Haartman, 2020] oraz marnotrawstwo ekologiczne (e-waste) [www2] może być użyteczny dla wskazania rodzajów

digital waste w szkołach wyższych. Przykładowe kategorie marnotrawstwa za-
prezentowano w tabeli 2.

Tabela 2. Rodzaje digital waste w uczelni

Rodzaje digital waste	Przykłady (wybrane)
Transport	przesyłanie maili, przesyłanie danych do chmury
Zapasy	przechowywanie i utylizacja zużytego i niesprawnego sprzętu komputerowego, wyposażenia, nośników informacji, np. pendrive, zapasy maili na skrzynkach pocztowych pracowników, plików, obiektów, obrazów, tworzenie danych, które będą wykorzystane tylko raz np. raporty, zestawienia
Zbędny ruch	podwójne podpisanie tych samych dokumentów
Czekanie	sprzęt pozostawiony w stanie czuwania, oczekiwanie na przetworzenie danych w systemach elektronicznych lub tradycyjnych
Nadprocesowość	zbędne czynności i działania, duplikowanie się działań (obieg elektroniczny i papierowy), duplikowanie się zakresów działania różnych systemów IT, brak automatyzacji prostych działań, niepotrzebne narzędzia AI, np. moda na chatboty, umieszczanie tych samych informacji w kilku miejscach, np. promocja w social mediach – FB, LinkedIn, platforma X, Instagram
Nadprodukcja	dokumenty cyfrowe i tradycyjne (papierowe)
Braki i powtórki	ponowne wprowadzanie danych, zatwierdzanie dokumentów, brak automatycznej informacji o brakach, np. w protokołach ocen
Niewykorzystane umiejętności	brak szkoleń pracowników w zakresie funkcjonalności systemów, brak protokołów mailowych i instrukcji odpowiadania na maile
Niewykorzystany potencjał organizacji/utracone korzyści	niewykorzystanie potencjału w zakresie sprawniejszego zarządzania wiedzą, procesami, zespołami, projektami itd., brak zwiększania większa transparentności działań, niewykorzystanie możliwości pracy zdalnej, prowadzenia zajęć online, brak wykorzystania funkcjonalności istniejących systemów
Marnotrawstwo ekologiczne (e-waste)	ślad węglowy powodowany przez zużycie energii, np. na niepotrzebne maile, przechowywanie niepotrzebnych danych; koszty recyklingu, koszty utylizacji odpadów cyfrowych

Źródło: Opracowanie własne.

Mając na uwadze źródło pochodzenia, można wskazać na marnotrawstwa o pochodzeniu zewnętrznym oraz wewnętrznym. Do zewnętrznych źródeł zalicza się m.in. przepisy prawa (w tym prawo zamówień publicznych, brak, niejasność, duży poziom skomplikowania procedur zakupu), kulturę narodową (brak zaufania, kultura kontroli i audytu), działania firm sprzedających oprogramowanie informatyczne oraz konsultingowe (nieuczciwe praktyki sprzedażowe, ukrywanie istotnych informacji o kosztach użytkowania produktu, np. cenie aktualizacji i obsługi produktu), koszty zakupu narzędzi informatycznych, wymagania projektów. Z pewnością ta kategoria wymaga dalszych badań.

Przyczyny wewnętrzne były częściowo analizowane przez Alievę i Powella [2023]. Autorka proponuje, aby je podzielić na organizacyjne, techniczne oraz społeczne, w tym kulturowe. Do czynników organizacyjnych można zaliczyć: brak lub niewystarczającą analizę procesową (np. kopiowanie do systemów in-

formatycznych niezrestrukturyzowanych procesów, korzystanie z gotowych rozwiązań proponowanych przez konsultantów bez ich adaptacji do specyfiki uczelni), brak koordynacji i zintegrowanego zarządzania projektami informatycznymi w uczelni, brak uwzględniania w projektach wyników analiz procesów oraz potrzeb, oczekiwań i wymagań interesariuszy, brak kompleksowej diagnozy potrzeb i luk w zakresie kompetencji cyfrowych oraz systemu regularnych szkoleń. Istotnym czynnikiem jest jakość przywództwa, co podkreślają Alieva i Powell [2023].

Do przyczyn o charakterze technicznym można zaliczyć m.in. częste aktualizacje oprogramowania, brak przygotowania infrastrukturalnego (sprzęt, jakość i stabilność Internetu itp.), brak aktualnych instrukcji technicznych, czy hermetyczność języka, jakim są napisane.

Istotnym źródłem marnotrawstwa cyfrowego jest aspekt społeczny, w tym kultura organizacyjna. Można tutaj zaliczyć silną silosowość szkół wyższych, co pociąga za sobą skłonność do lokalnego i wyspowego rozwiązywania problemów na poziomie danej jednostki lub wybranego procesu. Przejawia się to m.in. w tendencji to zakupywania narzędzi o ograniczonym zakresie działania, np. aplikacja do zarządzania sylabusami, zarządzania projektami. Inną przyczyną są zachowawcze postawy pracowników wywołane niejasnymi regulacjami prawnymi oraz wewnętrznymi aktami uczelni. Wpływa to na utrwalanie zachowawczej kultury prawnej, czego wynikiem jest dalsze komplikowanie procesów cyfrowych.

Skutki cyfrowego marnotrawstwa i metody eliminacji

Autorka proponuje, aby zgodnie z modelem zrównoważonego rozwoju skutki cyfrowego marnotrawstwa rozpatrywać w kontekście społecznym, ekonomicznym i środowiskowym. W kontekście społecznym to przede wszystkim strach przed zmianami technologicznymi w uczelniach. Głęboko zakorzeniony wpływa na opór wobec zmiany oraz jej sabotowanie. Obawy mogą skutkować spadkiem satysfakcji z pracy, skłonnościami do kontynuowania pracy, czy poziomem zaangażowania pracowników. Piszą o tym również Alieva i Powell [2023]. Źle wdrożone rozwiązania cyfrowe mogą prowadzić do sytuacji wyuczonej bezradności (pracownicy jak tylko mogą, to nie korzystają z rozwiązań technologicznych lub poszukują możliwości przesunięcia tych działań na innych pracowników, bądź brak działań motywują brakiem cyfrowych kompetencji). Koszty ekonomiczne powiązane są z relacją pomiędzy nakładami na systemy informatyczne (zakup i utrzymanie) a wskaźnikami procesowym, takimi jak czas, ilość niezgodności, ilość czynności, ilość dokumentów, koszty realizacji działań. Koszty środowiskowe obejmują zużycie energii elektrycznej, ślad węglowy oraz kategorię e-waste.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają wskazać kilka rekomendacji mających na celu ograniczenie cyfrowego marnotrawstwa. Można je podzielić na działania o charakterze strategicznym oraz operacyjnym. Zgodnie z filozofią nieustannego doskonalenia powinny one mieć przede wszystkim charakter działań prewencyjnych. W obszarze strategicznym eliminowanie cyfrowego marnotrawstwa należy rozpocząć od działań o charakterze edukacyjnym i szkoleniowym, dokładnej identyfikacji i analizy procesów w uczelni, oceny korzyści oraz kosztów dygitalizacji i cyfryzacji, a także możliwości integracji potencjalnych technik Industry 4.0 z już istniejącymi rozwiązaniami w uczelni. Istotną rolę odgrywa odpowiednie przywództwo [Alieva, Powell, 2023]. Na poziomie operacyjnym duże znaczenie ma organizacja środowiska pracy oraz budowanie świadomości pracowników. Proste rozwiązania, takie jak protokół mailowy, standardy komunikacji mailowej czy ograniczenie korzystania z mediów społecznościowych, mogą w skali uczelni istotnie przyczynić się do ograniczenia śladu węglowego. Ważna jest znajomość metod i technik lean [Alieva, Powell, 2023].

13.5. Ograniczenia badania

Przeprowadzone badania miały na celu wstępne rozpoznanie kategorii digital waste w szkołach wyższych. Analiza literatury przedmiotu została oparta na ograniczonej ilości źródeł. Dobór przypadków do badania miał charakter subiektywny, podyktowany był ich dostępnością, dlatego może nie reprezentować wszystkich aspektów badanego zjawiska.

Wnioski

Uczelnie zmieniają się, wykorzystując nowy model zarządzania oparty na lean management oraz Industry 4.0. Do pozytywnych efektów tych zmian zalicza się zwiększenie sprawności działania (czas, koszty, zgodność, jakość), lepsze wykorzystanie zasobów, większą elastyczność, lepszą kontrolę nad procesami, przyspieszony rozwój organizacji oraz zwiększenie zdolności do realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Do negatywnych można zaliczyć przede wszystkim koszty wdrażania rozwiązań cyfrowych oraz skutki braku przygotowania uczelni do tego rodzaju zmiany w aspekcie organizacyjnym, technicznym oraz społecznym, w tym kulturowym. Marnotrawstwo cyfrowe zużywa zasoby organizacji, nie tworząc wartości dla jej klientów, pracowników, interesariuszy, a przede wszystkim ogranicza możliwości jej rozwoju. Przeprowadzone badania wskazują, że digital waste jest zjawiskiem złożonym, niejednoznacznie definio-

wanym w literaturze przedmiotu, a istniejące badania odnoszą się przede wszystkim do produkcji i biznesu. Brakuje badań nad cyfrowym marnotrawstwem w szkołach wyższych. Dlatego zaproponowana w opracowaniu systematyka może stać się ramą teoretyczną do przyszłych badań.

Literatura

- Alieva J., Haartman R. (2020), *Digital Muda – The New Form of Waste by Industry 4.0*, „Operations and Supply Chain Management: An International Journal”, Vol. 13(3), s. 269-278.
- Alieva J., Powell D. (2023), *The Significance of Digital Waste in the Automation of Lean Practices*, „Quality Management Journal”, Vol. 30(2), s. 121-134.
- Antony J., Sreedharan V.R., Chakraborty A., red. (2021), *Lean Six Sigma for Higher Education. Research and Practice*, New Jersey [u.a.], World Scientific.
- Babbie E. (2013), *Podstawy badań społecznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Balzer K. (2010), *Lean Higher Education*, CRP Press, Francis & Taylor Group, New York.
- Creswell J.W. (2013), *Projektowanie badań naukowych. Metody jakościowe, ilościowe i mieszane*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Douglas J., Antony J., Douglas A. (2015), *Waste Identification and Elimination in HEIs: The Role of Lean Thinking*, „International Journal of Quality & Reliability Management”, Vol. 32(9), s. 970-981.
- Douglas A., Douglas J., Antony J. (2013), *Gold in the Mine: Recognising Waste in UK HEIs using Lean Thinking [w:] Enhancing Process Efficiency and Effectiveness in Higher Education Using Lean Six Sigma*, Proceedings of First International Conference on Lean Six Sigma for Higher Education, 24-25th June, 2013, Glasgow, Scotland, UK (materiał elektroniczny).
- Frecassetti S., Rossini M., Portioli-Staudacher A. (2024), *Unleashing Industry 4.0: Leveraging Lean Practices to Overcome Implementation Barriers*, IEEE Transactions on Engineering Management.
- Gueye M.L., Expósito E. (2020), *University 4.0: The Industry 4.0 Paradigm Applied to Education*, IX Congreso Nacional de Tecnologías en la Educación.
- Hartanti L.P.S., Gunawan I., Mulyana I.J., Herwinarso H. (2022), *Identification of Waste Based on Lean Principles as the Way Towards Sustainability of a Higher Education Institution: A Case Study from Indonesia*, „Sustainability”, Vol. 14(7), 4348.
- Leksykon Lean* (2010), Wrocław, Lean Enterprise Institute, Polska.
- Lenart-Gansiniec R. (2019), *Przesłanki i bariery wdrożenia koncepcji smart university [w:] Ł. Sułkowski, J. Górniak (red.), Strategie i innowacje organizacyjne polskich uczelni*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.

- Maciąg J. (2019), *Lean Culture in Higher Education*, Springer International Publishing.
- Ohno T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*, CRC Press.
- Radnor Z., Walley P., Stephens A., Bucci G. (2006), *Evaluation of the Lean Approach to Business Management and its Use in The Public Sector*, Scottish Executive Social Research.
- Romero D., Gaiardelli P., Thürer M., Powell D., Wuest T. (2019), *Cyber-physical Waste Identification and Elimination Strategies in the Digital Lean Manufacturing World. In Advances in Production Management Systems*, Production management for the factory of the future: IFIP WG 5.7 international conference, APMS 2019, Austin, TX, USA, September 1–5, 2019, Proceedings, Part I (s. 37-45), Springer International Publishing.
- Rossi A.H.G., Marcondes G.B., Pontes J., Leitão P., Treinta F.T., De Resende L.M.M., Mosconi E., Yoshino R.T. (2022), *Lean Tools in the Context of Industry 4.0: Literature Review, Implementation and Trends*, „Sustainability”, Vol. 14, 12295.
- de Souza Lima E., de Oliveira U.R., de Carvalho Costa M., Fernandes V.A., Teodoro P. (2023), *Sustainability in Public Universities Through Lean Evaluation and Future Improvement for Administrative Processes*, „Journal of Cleaner Production”, Vol. 382, 135318.
- Tay H.L., Low S.W.K. (2017), *Digitalization of Learning Resources in a HEI – A Lean Management Perspective*, „International Journal of Productivity and Performance Management” Vol. 66(5), s. 680-694.
- Torraco R.J. (2005), *Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples*, „Human Resource Development Review”, Vol. 4(3), s. 356-367.
- Tsukada O., Ibusuki U., Kuchii S. (2024), *Is Lean Manufacturing Maturity a Prerequisite for Industry 4.0? Survey of SMEs in Japan and Brazil*, „International Journal of Lean Six Sigma” 2024 (ahead-of-print).
- Yin R.K. (2014), *Case Study Research. Design and Methods*, Sage Publications, Thousand Oaks, London, New Delhi.

Witryny internetowe

- [www1] <https://2030.builders/5-ways-for-businesses-to-minimise-digital-waste/> (dostęp: 30.06.2024).
- [www2] A circular approach to tackling e-waste, https://impact.economist.com/sustainability/circular-economies/a-circular-approach-to-tackling-e-waste?utm_medium=cpc.adword.pd&utm_source=google&ppccampaignID=18151738051&ppcadID=&utm_campaign=a.22brand_pmax&utm_content=conversion.direct-response.anonymous&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwhIS0BhBqEiwADAUhC5EPBRZKe2tGxqTsMluVSkXiEIE4Z62VzqnZB3BpUeGqsrnzxCeunxoCrgYQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds#references (dostęp: 30.06.2024).

Znaczenie procesów biznesowych w świetle nowych paradygmatów organizacji inteligentnych

Wprowadzenie

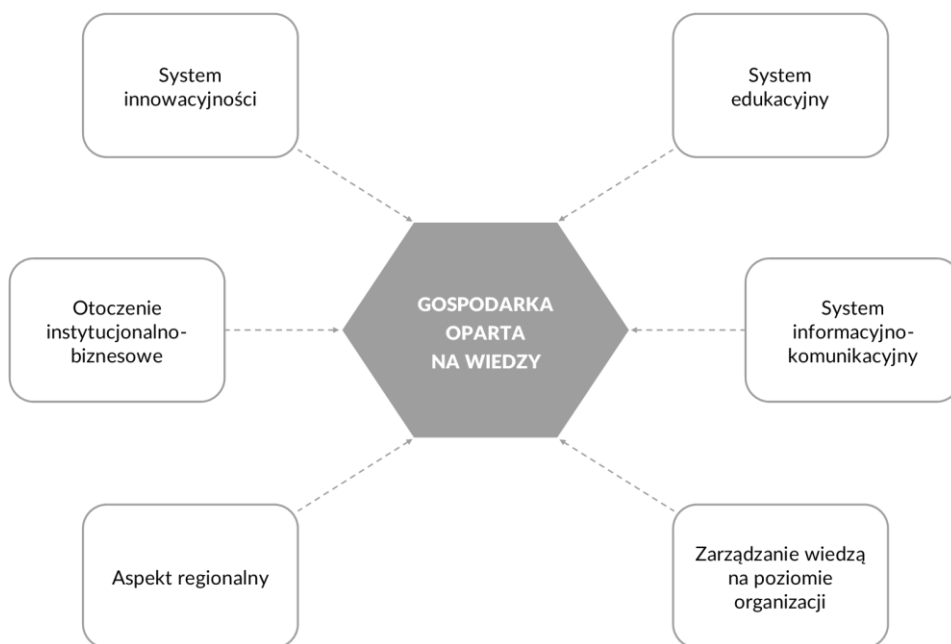
Rozdział porusza temat tworzenia, modelowania i zarządzania procesami biznesowymi zachodzącymi w organizacjach inteligentnych oraz znaczenie tych procesów w funkcjonowaniu tego rodzaju organizacji. Ponadto jego celem jest przedstawienie procesów zachodzących w organizacjach inteligentnych, a także porównanie ich z procesami zachodzącymi w organizacjach tradycyjnych. Rozdział ma charakter rozważań teoretycznych. W artykule zastosowano metodę przeglądu literatury przedmiotu źródeł polskojęzycznych i angielskojęzycznych w zakresie poszczególnych typów organizacji inteligentnych i procesów biznesowych oraz dokonano usystematyzowania pojęć występujących w dostępnych źródłach.

W części pierwszej scharakteryzowano poszczególne paradygmaty organizacji inteligentnych, omówiono również znaczenie wiedzy we współczesnej gospodarce. Druga część wyjaśnia zagadnienie procesów biznesowych w zakresie definiowania, modelowania oraz automatyzacji.

14.1. Charakterystyka gospodarki opartej na wiedzy oraz pojęcie organizacji inteligentnych

Gospodarka oparta na wiedzy stanowi model gospodarczy, w którym wiedza jest produktem w odróżnieniu od tradycyjnie pojmowanej gospodarki przemysłowej opartej na zasobach naturalnych. Według definicji OECD jest to taki rodzaj gospodarki, który bezpośrednio bazuje na produkcji, dystrybucji oraz stosowaniu wiedzy i informacji [Makulska, 2012]. Model gospodarki opartej na wiedzy został opracowany na podstawie teorii wzrostu endogenicznego, która

zakłada długookresowy wzrost gospodarczy wyznaczany przez inwestycje w innowacje oraz kapitał ludzki [Kucznik, 2019]. Wśród wyznaczników modelu gospodarki opartej na wiedzy znajdują się m.in. poszukiwanie nowych sposobów identyfikacji i analizy problemów w obszarze zarządzania wiedzą, pojęcie wiedzy jako czynnika kształtującego zarówno strukturę produkcji, jak również rozwój społeczny [Skrzypek, 2011]. Na powiązanie gospodarki opartej na wiedzy z rozwojem społecznym zwraca również uwagę Kukliński [2003]. Taki model gospodarczy wymaga nowego podejścia do funkcjonowania organizacji oraz zarządzania nimi. Na rys. 1 przedstawiono filary gospodarki opartej na wiedzy według metodyki przyjętej przez Bank Światowy.



Rys. 1. Podstawowe filary gospodarki opartej na wiedzy według Banku Światowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Grudzewski, Hejduk [2003].

Inteligencja organizacyjna według definicji Pilipczuk to zdolność organizacji do skutecznego przetwarzania, wymiany, pomiaru i rozumowania zarządzania inteligencją, jak również połączenie wiedzy i innych umiejętności dotyczących zarówno zasobów materialnych, jak i niematerialnych [Pilipczuk, 2018]. Dyduch i Bratnicki jako najistotniejsze cechy organizacji inteligentnych wskazali: interakcję z otoczeniem – jego zrozumienie i prowadzenie działań powodujących odnalezienie się w tym otoczeniu; zarządzanie zasobami niematerialnymi – wiedzą i praktykami; projekt organizacji – cechy kultury organizacyjnej oraz sposo-

bu przywództwa sprzyjającego innowacjom, twórczości i oddolnym inicjatywom [Dyduch, Bratnicki, 2016]. Romanowska przedstawia inteligencję organizacyjną jako jeden z atrybutów doskonałości funkcjonowania organizacji, obok spójności i adaptacyjności oraz efektywności organizacyjnej i ekonomicznej [Romanowska, 2020]. Krawczyk do cech organizacji inteligentnej zalicza spełnienie takich warunków, jak: sformalizowana strategia rozwoju z określonymi długoterminowymi celami rozwojowymi oraz sposobami ich osiągnięcia; sformalizowaną politykę zarządzania kadrami; wymianę wiedzy z otoczeniem podczas realizacji podstawowych procesów biznesowych przedsiębiorstwa (sprzedaż, zakup) oraz wykorzystanie technologii ICT (strona internetowa, specjalistyczne oprogramowanie) [Krawczyk, 2011].

Wśród nowych paradygmatów organizacyjnych (organizacji inteligentnych)¹, powstałych na przestrzeni czasu jako odpowiedź na wyzwania zmieniającego się otoczenia społeczno-gospodarczego opierającego się w dużej mierze na wiedzy i innowacjach, można wyróżnić [Mikuła, 2008; Dzikowski, 2011; Morawiec, Sołtysik-Piorunkiewicz, 2022]:

- organizację uczącą się,
- organizację sieciową,
- organizację wirtualną,
- organizację otwartą,
- organizację mobilną,
- organizację rozszerzoną,
- organizację zwinną,
- organizację fraktalną,
- organizację oburęczną,
- organizację gimnastyczną.

Organizacja ucząca się (*learning organization*) stanowi pierwszą próbę utworzenia organizacji opartej na wiedzy. Powstała w latach 90. XX wieku (choć pierwsze założenia pojawiły się jeszcze w latach 80. [Sadownik, 1991]) koncepcja opisana przez Senge'a [1994] zakłada opanowanie przez organizację pięciu umiejętności (dyscyplin) odróżniających je od organizacji zarządzanych w sposób tradycyjny (autorytarny) [Senge, 2012]. Do tych dyscyplin zaliczają się: myślenie systemowe, mistrzostwo osobiste, modele myślowe, budowanie wspólnej wizji oraz uczenie się zespołowe. Garvin z kolei określa organizację uczącą się jako organizację potrafiącą kreować, zdobywać i transferować wiedzę

¹ Określeniem „organizacja inteligentna” w niniejszym opracowaniu określono szerszą kategorię organizacji opartych na wiedzy. Starsze opracowania traktowały pojęcie organizacji inteligentnej jako osobny rodzaj organizacji będący rozwinięciem koncepcji organizacji uczącej się por. Krawczyk [2011] oraz Tabaszewska [2004].

oraz modyfikować swoje postępowanie, tak aby odzwierciedlało nową wiedzę [Kuźmicz, 2015], a organizacyjne uczenie się jako spełnienie trzech nakładających się na siebie kroków: poznawczego – zetknięcia się z nowym zjawiskiem, poszerzeniem wiedzy na jego temat i zmianą postrzegania; behawioralnego – przyswojenia nowych spostrzeżeń i zmiany sposobu zachowania. Trzeci krok polega na poprawie wydajności związanej z przyjęciem zmian prowadzących do wymiernych wyników [Garvin, 1993].

Organizacja sieciowa oraz organizacja wirtualna będąca podtypem organizacji sieciowej [Dzidowski, 2011] stanowią rodzaj organizacji mogący istnieć bez osobowości prawnej. Z punktu widzenia prawnego organizacja sieciowa stanowi zbiór niezależnych podmiotów (jednostek gospodarczych), które współpracują ze sobą na różnych polach z innymi członkami (aktorami) sieci, realizując wspólne przedsięwzięcia i inwestycje [Niedziółka, Bartosik, 2020]. Organizacja sieciowa jest typem organizacji, który wyróżnia się w sposobie tworzenia i przekazywania wiedzy. Tworzona jest bowiem w ramach układów relacji pomiędzy uczestnikami sieci, powstającymi w sposób spontaniczny [Bendkowski, 2013]. Jak wskazuje Woźniak-Sobczak, w strukturze sieciowej formalne stosunki pomiędzy jednostkami zostają zastąpione powiązaniami między partnerami rozmieszczonymi w różnych strukturach organizacyjnych i różnych miejscach na świecie, a koordynację hierarchiczną zastąpiono poziomymi stosunkami [Woźniak-Sobczak, 2015]. W mniejszej skali organizacje sieciowe mają tendencję do powstawania w sposób naturalny [Satell, 2015]. Organizacja fraktalna będąca również podtypem organizacji sieciowej opiera swoje działanie na zasadzie samoorganizacji, stanowi również strukturalne połączenie połączonych jednostek [Majewska, 2013]. W literaturze wyróżniono także pojęcia mikrofraktali, czyli jednostek wchodzących w skład organizacji, oraz makrofraktali będących całymi organizacjami. Organizacje fraktalne zarówno będące fragmentami, jak i reprezentujące całość organizacji wyróżnia możliwość samodzielnego autonomicznego działania [Wieczorek-Szymańska, 2015].

Pojęcie organizacji zwinnej dotyczy organizacji, będącej w stanie zaadaptować się do otaczających warunków z możliwie maksymalną korzyścią dla siebie oraz klientów [Business Agility Institute, 2020]. Determinantami najlepiej charakteryzującymi zwinną organizację są elastyczność, adaptacyjność, innowacyjność, a także responsywność (w znaczeniu umiejętności reagowania), szybkość i kompetencje [Morawiec, Sołtysik-Piorunkiewicz, 2023]. Obszerne analizy zwinności organizacyjnej przedstawili Mundra [2018], van Oosterhout i in. [van Oosterhout, Waarts, van Hillegersberg, 2005; van Oosterhout i in., 2007], Chatwani [2019], Cegarra-Navarro, Soto-Acosta i Wensley [2016].

W literaturze zdefiniowano także wiele schematów i strategii zostawiania organizacją zwinną, np. Worley i in. opracowali metodę wdrażania zwinności organizacyjnej na podstawie opracowanego w 1973 roku podejścia SEAM (Socio-Economic Approach to Management). Metoda ta polega na zidentyfikowaniu ukrytych kosztów i niskiej wydajności wynikających z praktyk w zakresie zasobów ludzkich i niezamierzonych projektów organizacji [Worley i in., 2015]. Kilka strategii osiągnięcia zwinności organizacyjnej scharakteryzował także Orvos [2019].

W literaturze polskiej organizacja zwinna została scharakteryzowana przez Trzcielińskiego, według którego geneza tego pojęcia wywodzi się z koncepcji lean management (przedsiębiorstwo szczupłe), jak również zwinnego zarządzania projektami (*agile management*) [Trzcieliński, red., 2020]. Modele zwinności organizacji zostały przedstawione (wraz z opracowanym modelem autorskim) również przez Włodarkiewicz-Klimek [2016].

W nowszych opracowaniach literaturowych spotykane są też pojęcia organizacji oburęcznej i organizacji gimnastycznej (przedsiębiorstwa gimnastycznego). Pojęcie organizacji oburęcznej (*ambidextrous organization*), rozwijane przez Zakrzewską-Bielawską, stanowi jedną z odmian organizacji inteligentnych [Zakrzewska-Bielawska, 2016]. W tym ujęciu organizacja charakteryzuje się zdolnością zarządzania złożonymi i często sprzecznymi aktywnościami, zazwyczaj związanymi z procesami eksploracji i eksploatacji [Zakrzewska-Bielawska, 2015]. Oburęczność wiedzy (*knowledge ambidexterity*) wskazywana jest również jako potencjalne źródło przewagi konkurencyjnej zwłaszcza w kontekście małych i średnich przedsiębiorstw [Saratchandra, Shrestha, Murray, 2022].

Zupełnie nowym zjawiskiem (nieopisanym jeszcze w literaturze polskiej) są natomiast tzw. przedsiębiorstwa gimnastyczne (*gymnastic enterprises*), które zostały zdefiniowane po raz pierwszy w 2021 roku przez Project Management Institute (PMI). Przedsiębiorstwa te charakteryzują się większą niż w przypadku innych typów organizacji (również inteligentnych) możliwością wprowadzania i zarządzania zmianami, głównie pochodzącymi oddolnie od pracowników. Nadrzędnym celem organizacji gimnastycznej jest oparcie się na wartości i skoncentrowaniu na wyniku bardziej niż na procesie [PMI, 2021]. Ważnym priorytetem w organizacjach gimnastycznych jest zdobywanie wiedzy i umiejętności przez członków zespołu poprzez ciągłe doskonalenie, przy silnym wsparciu kultury organizacyjnej i przywództwa oraz z wykorzystaniem technologii i zwinnych metod zarządzania [Smith, 2021].

14.2. Procesy biznesowe w organizacjach tradycyjnych i inteligentnych

Organizacje wykorzystujące zarządzanie procesowe zaczęły stosować modelowanie w połowie lat 60. XX wieku [Hinkle, Kuehn, 1967]. Procesy biznesowe w organizacji przedstawiane są jako wiele zjawisk związanych z realizacją wybranych czynności w całości lub obszarze organizacji.

W poniższej tabeli 1 przedstawiono wybrane definicje procesu biznesowego.

Tabela 1. Wybrane definicje procesu biznesowego

Autor(zy)	Definicja procesu	Źródło
J. Majczyk	Proces biznesowy stanowi kompletną sekwencję aktywności i zdarzeń, które odpowiadają popytowi	[Majczyk, 2022]
Gartner	Proces biznesowy koordynuje zachowanie ludzi, systemów, informacji i rzeczy, aby wygenerować rezultaty wspierające strategię biznesową	[Gartner, b.d.]
Object Management Group	Proces biznesowy to sekwencja lub przepływ czynności w jakiejś organizacji, których celem jest wykonanie jakiejś pracy	[Drejewicz, 2012]
W. Fliegner	Proces biznesowy to ciąg określonych działań (czynności) realizowanych w organizacji, będących kolejnymi etapami osiągnięcia określonego celu, którym zwykle jest pewien wynik (produkt, usługa, informacja), mający wartość dla odbiorcy (klienta zewnętrznego lub wewnętrznego)	[Fliegner, 2017]
T. Davenport	Proces to ustrukturyzowany, mierzalny zestaw działań mających na celu wytworzenie określonego produktu dla konkretnego klienta lub rynku	[Davenport, 1993]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wskazanej literatury.

Na przestrzeni lat powstało wiele różnych podejść związanych z realizacją procesów biznesowych w organizacjach zależnie od potrzeb oraz środowiska, m.in. TQM (Total Quality Management), lean management, reinżynieria procesów biznesowych, SCM (Supply Chain Management), czy zarządzanie przepływem pracy (workflow management) [Becker, Rosemann, von Uthmann, 2000].

Kania wyróżnia procesy biznesowe zewnętrzne, czyli procesy, których rezultatem jest dostarczenie określonej wartości klientom spoza organizacji, oraz procesy wewnętrzne zamykające się w obrębie danej organizacji. Zwraca przy

tym również uwagę na wzrost znaczenia procesów wymagających wiedzy oraz mniejsze znaczenie standaryzacji procesów ze względu na zainteresowanie klientów produktami zindywidualizowanymi i oryginalnymi [Kania, 2013]. Kram z kolei wyróżnia procesy realne oraz regulacyjne, z których realne stanowią procesy fizyczne związane z wytwarzaniem i konsumpcją dóbr, a regulacyjne (inaczej informacyjno-sterujące) to procesy myślowe związane z decyzjami oraz przetwarzaniem i przekazywaniem informacji [Kram, 2007]. W gospodarce opartej na wiedzy istotną rolę odgrywają procesy zorientowane na wiedzę, których tematyka była przedmiotem wielu opracowań [Żytniewski, 2020].

Badania wskazują, że w przypadku wielu organizacji brak zarządzania procesowego stanowi istotną barierę w ich rozwoju. Dzięki zdefiniowaniu procesów często można zidentyfikować wiele problemów związanych z [Mazur, Mazur, 2012]:

- organizacją pracy,
- niegospodarnością,
- przechowywaniem oraz obiegiem dokumentów w organizacji,
- bezpieczeństwem zasobów,
- powielaniem bądź zaniechaniem wykonywania pracy ze względu na zły dobór osób odpowiedzialnych.

Należy przy tym rozróżnić pojęcie zarządzania procesami biznesowymi (BPM – Business Process Management) od automatyzacji procesów biznesowych (BPA – Business Process Automation). Zarządzanie koncentruje się na całości procesu, zarówno tworzeniu nowych, jak i aktualizowaniu istniejących procesów w celu poprawy wydajności, automatyzacja z kolei działa na procesach już istniejących, koncentrując się na pojedynczych zadaniach.

Tabela 2. Porównanie koncepcji BPA i BPM

Wyszczególnienie	BPA	BPM
Cel	Poprawa wydajności procesu, automatyzacja powtarzalnych zadań	Poprawa wskaźników jakości, efektywności i wydajności
Zakres działania	Pojedyncze zadania w ramach procesu	Cały proces/wiele procesów
Metody	Wpływ na proces za pomocą środków technicznych	Ingerencja w sam proces jako całość

Źródła: Lewis [2021]; Quixy [2025].

Gartner definiuje BPM jako dyscyplinę wykorzystującą różne metody do odkrywania, modelowania, analizowania, mierzenia, ulepszania i optymalizowania procesów biznesowych, często z wykorzystaniem technologii w celu dostosowania inwestycji do strategii biznesowej [Gartner, b.d.].

W tradycyjnie pojmowanej gospodarce przemysłowej opierającej się na zasobach naturalnych, zarządzanie procesami biznesowymi ograniczone jest głównie do automatyzacji i redukcji kosztów. W gospodarce opartej na wiedzy, w której wyróżnia się wiele nowych paradygmatów organizacji, procesy biznesowe mają również za zadanie podnosić poziom i przepływ wiedzy w organizacji oraz efektywność tych przepływów.

W tabeli 3 przedstawiono szczególne cechy wyróżniające realizację procesów biznesowych w różnych typach organizacji inteligentnych w porównaniu z organizacją tradycyjną.

Tabela 3. Realizacja procesów biznesowych według wybranych paradygmatów organizacji

Paradygmat organizacji	Cechy realizacji procesów biznesowych
Tradycyjna	Produktywność, połączenie rozproszonych zasobów organizacji
Ucząca się	Uczenie się zespołowe, systemowe podejście
Zwinna	Adaptacja do zmieniających się warunków otoczenia, dynamizm, proaktywność
Fraktalna	Rozproszenie decyzyjne, autonomia części oraz całości organizacji
Oburęczna	Jednoczesna realizacja różnych procesów (czasem sprzecznych), duża liczba technik eksploatacyjnych w cyklu życia procesu
Gimnastyczna	Ciągłe doskonalenie, zorientowanie na ludzi

Źródła: Hoverstadt [2008]; Rivard, Harb i Méret [2009]; Santos, Alves [2018]; Badakhshan i in. [2019]; PMI [2021].

Wnioski

Organizacje inteligentne, oprócz tradycyjnie realizowanych procesów związanych z bieżącą działalnością dotyczących sprzedaży, obsługi klienta, procesów kadrowych i produkcyjnych, skupiają również uwagę na procesach związanych z zarządzaniem wiedzą – jej wytwarzaniem, gromadzeniem i przekazywaniem. Ważnym czynnikiem wyróżniającym organizacje inteligentne jest również adaptacja do zmiennych warunków otoczenia, co jest szczególnie widoczne w organizacji zwinnej oraz gimnastycznej. Organizacje działające w środowisku rozproszonym (wirtualne, sieciowe oraz fraktalne) muszą podejmować także działania związane z wymianą wiedzy pomiędzy elementami sieci, w której działają.

Nowe problemy i wyzwania gospodarki wynikające z czynników ekonomicznych (ograniczone zasoby, zrównoważony rozwój), politycznych (konflikty zbrojne, odwrót od globalizacji), społecznych (demografia, zmieniająca się struktura i tradycyjne role społeczne, wielokulturowość współczesnych organizacji) i technologicznych (rozwój sztucznej inteligencji, transformacja cyfrowa) będą potencjalnie stale zwiększać udział nowych paradygmatów organizacyjnych w ryn-

ku oraz przyczyniać się do dominującej pozycji gospodarki opartej na wiedzy. Zmiany te będą wymagały również dostosowania procesów biznesowych w organizacjach.

Ograniczeniami niniejszego rozdziału są niewątpliwie teoretyczny charakter rozważań oraz podejście przeglądowe do analizowanej literatury niewyczerpujące w całości podejmowanej tematyki. Dalsze badania powinny zdaniem autora mieć charakter bardziej systematyczny, a także empiryczny ze wskazaniem konkretnych studiów przypadku nowych paradygmatów organizacyjnych.

Literatura

- Badakhshan P., Conboy K., Grisold T., vom Brocke J. (2019), *Agile Business Process Management: A Systematic Literature Review and an Integrated Framework*, „Business Process Management Journal”, Vol. 26(6), s. 1505-1523, <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2018-0347>.
- Becker J., Rosemann M., von Uthmann C. (2000), *Guidelines of Business Process Modeling* [w:] W. van der Aalst, J. Desel, A. Oberweis (eds.), *Business Process Management*, Springer, Berlin, Heidelberg, s. 30-49, https://doi.org/10.1007/3-540-45594-9_3.
- Bendkowski J. (2013), *Technologiczne czynniki kreowania i dyfuzji wiedzy w przedsiębiorstwie sieciowym*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, nr 63, s. 517-530.
- Business Agility Institute (2020), *Domains of Business Agility an Operating Model for the Next Generation of Organizations*, v.3.1. Business Agility Institute, <https://businessagility.institute/wp-content/uploads/2019/03/BAI-DomainsOfBusinessAgility-Book.pdf>.
- Cegarra-Navarro J.-G., Soto-Acosta P., Wensley A.K.P. (2016), *Structured Knowledge Processes and Firm Performance: The Role of Organizational Agility*, „Journal of Business Research”, Vol. 69(5), s. 1544-1549, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.014>.
- Chatwani N. (2019), *Organisational Agility: Exploring the Impact of Identity on Knowledge Management*, Palgrave Macmillan, Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17249-7>.
- Davenport T.H. (1993), *Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology*, Harvard Business School Press, Boston.
- Drejewicz S. (2012), *Zrozumieć BPMN. Modelowanie procesów biznesowych*, Wydawnictwo Helion, Gliwice.
- Dyduch W., Bratnicki, M. (2016), *Charakterystyki organizacji inteligentnej*, „Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów”, nr 149, s. 9-23.
- Dzidowski A. (2011), *Ocena efektywności współpracy przedsiębiorstw w strukturach sieciowych*, „Zeszyty Naukowe Kolegium Gospodarki Światowej”, nr 32, s. 89-101.

- Fliegner W. (2017), *Metoda identyfikacji i analizy procesów biznesowych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 333, s. 49-62.
- Gartner (b.d.), *Definition of Business Process Management (BPM) – Gartner Information Technology Glossary*, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/business-process-management-bpm> (dostęp: 2.07.2024).
- Garvin D.A. (1993), *Building a Learning Organization*, „Harvard Business Review”, nr 71, s. 78-91.
- Grudzewski W.M., Hejduk I. (2003), *Systemy zarządzania wiedzą a efektywność innowacyjna przedsiębiorstw*, „Nauka i Szkolnictwo Wyższe”, t. 2(22), s. 156-170.
- Hinkle C.L., Kuehn A.A. (1967), *Heuristic Models: Mapping the Maze for Management*, „California Management Review”, t. 10(1), s. 59-68, <https://doi.org/10.2307/41164091>.
- Hoverstadt P. (2008), *The Fractal Organization: Creating Sustainable Organizations with the Viable System Model*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Kania K. (2013), *Doskonalenie zarządzania procesami biznesowymi w organizacji z wykorzystaniem modeli dojrzałości i technologii informacyjno-komunikacyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Kram E. (2007), *System informatyczny zarządzania. Projekt koncepcji systemu: Identyfikacja funkcji systemu metodą macierzowo-funkcjonalną*, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora”, Toruń.
- Krawczyk A. (2011), *Zarządzanie wiedzą w organizacjach inteligentnych. Rozwiązania informatyczne*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, nr 23, s. 102-112.
- Kucznik K. (2019), *Gospodarka oparta na wiedzy jako trend stymulujący zarządzanie talentami* [w:] E. Gruszevska, M. Roszkowska (red.), *Współczesne problemy ekonomiczne w badaniach młodych naukowców. T. 3, Analizy makro- i mezoekonomiczne*, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Warszawa, s. 134-149, <https://doi.org/10.15290/wpewbmn3.2019.10>.
- Kukliński A. (2003), *Gospodarka oparta na wiedzy – społeczeństwo oparte na wiedzy – trajektoria regionalna*, „Nauka i Szkolnictwo Wyższe”, t. 2(22), s. 55-61.
- Kuźmich K.A. (2015), *Benchmarking procesowy jako instrument doskonalenia zarządzania uczelnia*, Oficyna Wolters Kluwer Business, Warszawa.
- Lewis L. (2021), *Business Process Automation vs. Business Process Management*, (5.08.2021), ProcessMaker, <https://www.processmaker.com/blog/business-process-automation-vs-business-process-management/> (dostęp: 2.07.2024).
- Majczyk J. (2022), *Projektowanie procesów biznesowych zorientowanych na klienta*, Sekcja Wydawnicza Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, <https://doi.org/10.7172/978-83-235-5899-6.swwz.12>.
- Majewska M. (2013), *Organizacja fraktalna jako strategia rozwoju współczesnego przedsiębiorstwa*, „Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu”, t. 28(747), s. 165-174.

- Makulska D. (2012), *Kluczowe czynniki rozwoju w gospodarce opartej na wiedzy*, „Prace i Materiały Instytutu Rozwoju Gospodarczego”, nr 88, s. 169-193.
- Mazur Z., Mazur, H. (2012), *Modelowanie procesów biznesowych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, nr 87, s. 452-461.
- Mikuła B. (2008), *Kultura organizacji inteligentnej*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 765, s. 15-28.
- Morawiec P., Sołtysik-Piorunkiewicz A. (2022), *Knowledge Management Significance in Agile Organization in Lights of COVID-19 Pandemic Changes* [w:] M. Themistocleous, M. Papadaki (eds.), *Information Systems*, Springer International Publishing, Cham, t. 437, s. 705-722. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95947-0_50.
- 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”, Vol. 15(5), s. 4646, <https://doi.org/10.3390/su15054646>.
- Mundra S. (2018), *Enterprise Agility. Being Agile in a Changing World*, Packt Publishing, Birmingham.
- Niedziółka A., Bartosik D. (2020), *Organizacje sieciowe w procesach zarządzania turystyką wiejską*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej”, t. 39(1), s. 15-27, <https://doi.org/10.17512/znpcz.2020.3.02>.
- van Oosterhout M., Waarts E., van Heck E., van Hillegersberg J. (2007), *Business Agility: Need, Readiness and Alignment with IT Strategies* [w:] K.C. Desouza (ed.), *Agile Information Systems: Conceptualization, Construction, and Management*, Butterworth-Heinemann, Amsterdam, Boston, s. 52-69.
- van Oosterhout M., Waarts E., van Hillegersberg J. (2005), *Assessing Business Agility: A Multi-Industry Study in The Netherlands* [w:] R.L. Baskerville, L. Mathiassen, J. Pries-Heje, J.I. DeGross (eds.), *Business Agility and Information Technology Diffusion*, Springer US, Boston, t. 180, s. 275-294. https://doi.org/10.1007/0-387-25590-7_18.
- Orvos J. (2019), *Achieving Business Agility: Strategies for Becoming Pivot Ready in a Digital World*, Apress, Berkeley, <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3855-4>.
- Pilipczuk O. (2018), *Podejście procesowe do zarządzania organizacją inteligentną*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania”, nr 54, s. 103-114, <https://doi.org/10.18276/sip.2018.54/2-07>.
- PMI (2021), *Beyond Agility (Pulse of the Profession)*, Project Management Institute, Newton Square.
- Rivard F., Harb G.A., Méret P. (2009), *Business Process Management* [w:] F. Rivard, G.A. Harb, P. Méret (eds.), *The Transverse Information System: New Solutions for IS and Business Performance*, John Wiley & Sons, Hoboken, <https://doi.org/10.1002/9780470611852>.
- Romanowska M. (2020), *Atrybuty doskonałości organizacji* [w:] S. Gregorczyk, G. Urbanek (red.), *Zarządzanie strategiczne w dobie cyfrowej gospodarki sieciowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, <https://doi.org/10.18778/8220-335-6.30>.

- Sadownik H. (1991), *Ucząca się organizacja*, „Przegląd Organizacji”, nr 7, s. 3.
- Santos H., Alves C. (2018), *Exploring the Ambidextrous Analysis of Business Processes: A Design Science Research* [w:] S. Hammoudi, M. Śmiałek, O. Camp, J. Filipe (eds.), *Enterprise Information Systems*, Springer International Publishing, Cham, t. 321, s. 543-566 https://doi.org/10.1007/978-3-319-93375-7_25.
- Saratchandra M., Shrestha A., Murray P.A. (2022), *Building Knowledge Ambidexterity Using Cloud Computing: Longitudinal Case Studies of SMEs Experiences*, „International Journal of Information Management”, Vol. 67, s. 102551, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102551>.
- Satell G. (2015), *What Makes an Organization „Networked”?* „Harvard Business Review”, <https://hbr.org/2015/06/what-makes-an-organization-networked>.
- Senge P.M. (1994), *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, Currency Doubleday, Nowy Jork.
- Senge P.M. (2012), *Piąta dyscyplina: Teoria i praktyka organizacji uczących się*, Wolters Kluwer Polska, Warszawa.
- Skrzypek E. (2011), *Gospodarka oparta na wiedzy i jej wyznaczniki*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, nr 23, s. 270-285.
- Smith A. (2021), *Changemakers and Gymnastic Enterprises* (28.04.2021), https://www.projectmanagement.com/blog-post/69058/changemakers-and-gymnastic-enterprises#_=_ (dostęp: 26.06.2024).
- Tabaszewska E. (2004), *Organizacja tradycyjna – ucząca się – inteligentna. Różnice i podobieństwa*, „Przegląd Organizacji”, t. 3(770), s. 21-23, <https://doi.org/10.33141/po.2004.03.04>.
- Trzecieliński S., red. (2020), *Przedsiębiorstwo zwinne w świetle badań empirycznych*, PAN, Komisja Nauk Organizacji i Zarządzania, Warszawa.
- Quixy (2025), *BPM vs BPA: Essential Differences & Why You Truly Need Them* (6.01.2025), <https://quixy.com/blog/bpm-vs-bpa/> (dostęp: 15.04.2025).
- Wieczorek-Szymańska A. (2015), *Organizacja fraktalna w gospodarce sieciowej*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania”, nr 39, s. 91-100, <https://doi.org/10.18276/sip.2015.39/1-08>.
- Włodarkiewicz-Klimek H. (2016), *Koncepcja i modele zwinnego przedsiębiorstwa*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej”, nr 71, s. 213-225, <https://doi.org/10.21008/J.0239-9415.2016.071.19>.
- Worley C.G., Zardet V., Bonnet M., Savall A. (2015), *Becoming Agile: How the SEAM Approach to Management Builds Adaptability*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Woźniak-Sobczak B. (2015), *Symbioza paradygmatów zarządzania przedsiębiorstwem w otoczeniu sieciowym*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 222, s. 53-69.
- Zakrzewska-Bielawska A. (2015), *Struktury organizacyjne sprzyjające odnowie organizacyjnej przedsiębiorstw: Ambidextrous approach*, „Management Forum”, t. 3(1), s. 105-111, <https://doi.org/10.15611/mf.2015.1.16>.

- Zakrzewska-Bielawska A. (2016), *Ambidextrous organization jako przykład przedsiębiorstwa inteligentnego*, „Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów”, nr 148, s. 161-174.
- Żytniewski M. (2020), *Zorientowane na procesy biznesowe oraz interakcję systemy wspomagania zarządzania firmą*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.

Problem alokacji zasobów w procesach biznesowych – możliwości zastosowania metod głębokiego uczenia ze wzmocnieniem

Wprowadzenie

Zarządzanie procesami biznesowymi (BPM) obejmuje wiele narzędzi i metodyk dedykowanych do wdrażania i nadzorowania operacyjnych procesów biznesowych. Wiele organizacji wykorzystuje techniki i narzędzia BPM w celu zwiększenia efektywności i wydajności. Zarządzanie zasobami odgrywa przy tym kluczową rolę w ramach BPM, przy czym zasób rozumiany jest tutaj jako agent odpowiedzialny za działania związane z procesami biznesowymi. Najczęściej gdy rozważany jest problem właściwej, tj. optymalnej alokacji zasobów, przyjmuje się, iż ich rolę pełnią ludzie. Należy przy tym jednak zaznaczyć, iż rolę zasobów mogą także pełnić materialne składniki majątku organizacji (np. maszyny), a nawet niematerialne (np. oprogramowanie czy też aktywa finansowe).

Pomimo swojego znaczenia w usprawnianiu procesów, alokacja zasobów z racji na trudność opracowania efektywnych metod znajdowała się poza zakresem głównych badań BPM. Dopiero zmiany, takie jak dostępność stosunkowo tanich usług obliczeń wielkoskalowych czy też wzrastająca popularność technik robotyzacji (RPA) i analizy procesów (*process mining*), spowodowały wzrost zainteresowania tą kwestią w ciągu ostatniej dekady, co jest widoczne choćby w rosnącej liczbie opublikowanych artykułów naukowych [np. Arias i in., 2018].

Jak wspomniano, problem efektywnej alokacji zasobów nie jest błahym problemem. Co więcej, w wielu rzeczywistych środowiskach biznesowych jest on dodatkowo komplikowany poprzez zmienną efektywność zasobów w czasie (przykładem może być zużywanie się maszyn, czy też pogarszająca się wydajność pracowników) oraz to, iż alokacja musi być wykonywana na bieżąco, wraz z pojawianiem się nowych zadań.

W ramach prac grupy badawczej analityki procesowej Politechniki Warszawskiej (WUT Process Mining Group) przeprowadziliśmy prace eksperymentalne, badając możliwości zastosowania metod sztucznej inteligencji do rozwiązania problemu alokacji zasobów przy uwzględnieniu czynników wzmiankowanych powyżej, w tym w szczególności głębokiego uczenia ze wzmocnieniem (*deep reinforcement learning*). Celem tych prac jest opracowanie narzędzi pozwalających na wykonanie automatycznej alokacji zasobów, które mogłyby wykorzystywać narzędzia analityki procesowej, w tym w szczególności te już wdrożone w przemyśle. Jak na razie nasze prace wykazały, iż zastosowanie uczenia ze wzmocnieniem możliwe jest w przypadku niewielkiej skali procesów syntetycznych, co opisano w [Żbikowski, Ostapowicz, Gawrysiak, 2023], kolejne eksperymenty dotyczyły zaś już rzeczywistych procesów biznesowych, reprezentowanych przez dane w postaci logów zdarzeń (*event logs*) z repozytoriów projektu CoSeLog [2016].

15.1. Głębokie uczenie ze wzmocnieniem

Uczenie ze wzmocnieniem (*reinforcement learning* – RL) to gałąź uczenia maszynowego, w której agenci uczą się podejmowania decyzji poprzez interakcję ze środowiskiem. Agent otrzymuje informacje zwrotne poprzez nagrody lub kary oparte na jego działaniach. Celem jest maksymalizacja skumulowanych nagród w czasie. Reinforcement learning obejmuje agenta, środowisko, stan, działanie i nagrodę.

Głębokie uczenie ze wzmocnieniem (*deep reinforcement learning* – DRL) to poddziedzina uczenia maszynowego, która integruje techniki głębokiego uczenia z zasadami uczenia ze wzmocnieniem. Tym, co odróżnia głębokie uczenie ze wzmocnieniem od tradycyjnego uczenia ze wzmocnieniem, jest wykorzystanie głębokich sieci neuronowych do aproksymacji złożonych funkcji, takich jak funkcja Q lub polityka, umożliwiając obsługę wielowymiarowych przestrzeni stanów i akcji.

15.2. Symulacja procesów biznesowych

Istotnym elementem metodyki RL jest sposób odzwierciedlenia wpływu akcji agenta na środowisko – innymi słowy stworzenie odpowiedniego systemu symulacji tego środowiska, pozwalającego na przeprowadzenie procesu uczenia. W ramach naszych badań zostało stworzone wyspecjalizowane środowisko sy-

mulacyjne [Żbikowski, Ostapowicz, Gawrysiak, 2023] pozwalające na odtworzenie zjawisk stochastycznych podczas wykonywania procesu w rzeczywistych scenariuszach.

Najczęstszą metodą symulacji procesów biznesowych spotykaną w literaturze jest przekształcanie modeli procesów biznesowych lub dzienników zdarzeń do równoważnej sieci Petriego [Pourbafrani, 2021]. W naszym przypadku jednak metoda ta okazała się niewystarczająco skuteczna. Główne problemy, na które napotkaliśmy, próbując zastosować klasyczne metody symulacji wykorzystujące sieci Petriego w architekturze RL, dotyczyły trudności w symulacji procesów biznesowych, w których więcej niż jedno zadanie w procesie może prowadzić do jego zakończenia. Reprezentacja tego rodzaju procesów w postaci sieci Petriego nie jest zadaniem łatwym, a zbiór danych, który był przedmiotem badań eksperymentalnych, zawierał właśnie tego rodzaju przejścia. Drugim problemem było występowanie tzw. cichych przejść w procesie, tj. przejść, które nie odpowiadają żadnej widocznej aktywności w procesie, ale zamiast tego reprezentują wewnętrzne kroki orkiestracji [Leemans, Maggi, Montali, 2023].

Z tego powodu postanowiliśmy zaproponować nową metodę symulacji procesów biznesowych. Nasze podejście koncentruje się na wykorzystaniu wariantów procesów biznesowych, czyli specyficznych instancji procesu posiadających tą samą strukturę przejść. Przez strukturę rozumiemy tutaj zbiór zadań ułożonych w określonej sekwencji.

Traktowanie procesu biznesowego jako zbioru sekwencji zadań pozwoliło nam na jego łatwą symulację. Każda sekwencja może być traktowana niezależnie, nie ma zadań ani przejść, które nie pojawiają się w dzienniku zdarzeń, a każda sekwencja ma jednoznacznie zdefiniowany początek i koniec.

15.3. Badania eksperymentalne

15.3.1. Architektura systemu uczenia ze wzmocnieniem

Wykonanie instancji procesu biznesowego definiujemy jako serię zadań wybranych z kolejki i wykonywanych przez odpowiednie zasoby, w tym zarówno ludzkie, jak i inne. Rozważamy zadania jako nierozzerwalne jednostki pracy, do których zasób może zostać przypisany i nad którymi pracuje przez określony czas. Zbiór wszystkich zadań w środowisku określamy jako T , a zbiór wszystkich zasobów jako R .

Rysunek 1 przedstawia architekturę systemu używanego w eksperymencie i występujące w niej przepływy danych. Architektura ta implementuje algorytm Double-Deep Q Network (DDQN) opisany przez Van Hasselta, Gueza i Silvera

[2016]. Główną ideą stojącą za DDQN jest zmniejszenie błędu przeszacowania obecnego w tradycyjnych metodach Q-uczenia (*Q-learning*). W standardowym podejściu operacja *max* używana do wyboru następnej akcji i oszacowania jej wartości może czasami prowadzić do przeszacowania wartości Q, niekorzystnie wpływając na proces uczenia. Aby rozwiązać ten problem, DDQN wprowadza dwie oddzielne sieci neuronowe – jedną do wyboru akcji (sieć główna – *main network*) i drugą do oceny akcji (sieć docelowa – *target network*). Sieć główna jest używana do wybierania działań, podczas gdy sieć docelowa jest używana do szacowania wartości Q dla tych działań. Okresowo parametry sieci docelowej są aktualizowane, aby dopasować je do parametrów sieci głównej. DDQN zmniejsza błąd przeszacowania i prowadzi do bardziej stabilnego i skutecznego uczenia się poprzez oddzielenie wyboru działań od ich oceny. Proces uczenia przebiega zgodnie ze schematem zdefiniowanym przez Mnih i in. [2013, 2015].

Nasze badania przetestowały dwa podejścia do określania zestawu dostępnych akcji. W pierwszym przypadku dostępne akcje to wszystkie kombinacje przypisania dowolnego zasobu do dowolnego zadania, nawet jeśli zasób nie kwalifikuje się do wykonania określonego zadania, tj. nie jest możliwe jego zastosowanie do realizacji tego zadania, np. z racji braku – w przypadku ludzi – odpowiednich umiejętności i wiedzy. W drugim przypadku ograniczyliśmy zestaw dostępnych akcji tylko do kombinacji kwalifikujących się zasobów i zadań. Ogólnie rzecz biorąc, w pierwszym przypadku rozmiar warstwy wyjściowej jest równy $|R| \times |T| + 1$, co daje 1297 wyjść (wszystkie kombinacje oraz brak akcji), a w drugim przypadku tylko 355 wyjść. Po każdej ukrytej warstwie znajduje się warstwa normalizacji [Ioffe, Szegedy, 2015]. Ma ona na celu przeskalowanie danych wyjściowych z warstwy ukrytych neuronów przed zastosowaniem funkcji aktywacji. Operacja ta zwiększa szybkość uczenia poprzez łagodzenie niepożądanych efektów, takich jak zanikające lub eksplodujące aktualizacje gradientu.

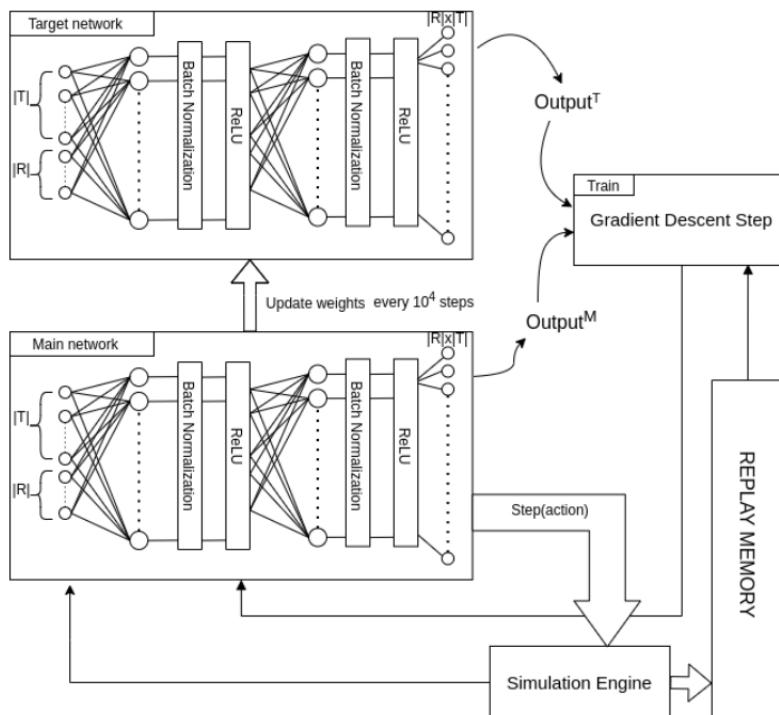
Warto wspomnieć, że naszym celem nie było włączenie do modelu żadnej wcześniejszej wiedzy. Przykładem takiego podejścia jest ignorowanie informacji o kwalifikowalności zasobów. Jest to de facto ograniczenie pozorne, sprawia bowiem, że potencjalne zastosowania naszej metody są szersze. W rzeczywistych scenariuszach biznesowych wnioskowanie o kwalifikowalności zasobów nie zawsze jest bowiem proste.

Sieci neuronowe, by mogły generalizować uczenie się w podobnych stanach, potrzebują skutecznych reprezentacji tychże stanów. Poprzez uchwycenie odpowiednich cech środowiska w reprezentacji stanu sieć neuronowa może nauczyć się przybliżać wartości Q dla niewidocznych stanów, które mają podobne cechy do stanów napotkanych podczas procesu uczenia. Problemem dla sieci może być także wysoka wymiarowość przestrzeni wejściowych – odpowiednie reprezentacje stanów pomagają złagodzić ten problem, pozwalając zmniejsz-

żyć wymiarowość przestrzeni wejściowej przy jednoczesnym zachowaniu najważniejszych informacji o środowisku. Redukcja ta sprawia, że proces uczenia jest bardziej wydajny.

W przeprowadzonych badaniach ocenialiśmy następujące trzy formy reprezentacji stanu:

- s1 – stan jest wektorem o rozmiarze $|R| + |T|$, gdzie pierwszy element $|R|$ pokazuje, w jaki sposób przydzielane są zasoby. Wartość elementu wektora może wynosić 1, jeśli zasób jest przydzielony, lub 0 w przeciwnym razie. W drugiej części (o rozmiarze $|T|$) wartość elementu jest równa 1, jeśli zadanie jest obecne w zestawie aktywnych zadań, i 0 w przeciwnym razie;
- s2 – stan to wektor o rozmiarze $|R| + |T|$, gdzie pierwszy element $|R|$ pokazuje, w jaki sposób przydzielane są zasoby. Wartością elementów jest identyfikator zadania, do którego zasób jest przydzielony, lub -1 , jeśli zasób nie jest w ogóle przydzielony. Każdy element drugiej części (o rozmiarze $|T|$) jest równy liczbie zadań obecnych w zestawie aktywnych zadań;
- s3 – reprezentacja stanu jest identyczna z s2, ale zamiast liczby zadań przechowuje procent wszystkich zadań obliczony na podstawie rozmiaru całego zestawu aktywnych zadań.



Rys. 1. Szkic architektury systemu

Źródło: Opracowanie własne.

15.3.2. Zbiór danych

Do oceny proponowanej metody wykorzystaliśmy dane pochodzące z projektu Configurable Services for Local Governments (CoSeLoG). W ramach projektu CoSeLoG zbadano różnice między kilkoma procesami w różnych gminach w Holandii. Wykorzystany przez nas dziennik zdarzeń zawiera zapisy wykonania fazy przyjmowania wniosku o pozwolenie na budowę w anonimowej gminie [CoSeLoG, 2016]. Ten zbiór danych składa się z 1434 przypadków procesowych. Każdy przypadek procesu realizowany jest zgodnie z jednym ze 116 wariantów. Większość wariantów występuje przy tym tylko raz, więc dla uproszczenia analizy dokonaliśmy odrzucenia tych wariantów, które występują rzadziej niż w 10 przypadkach procesowych. W ten sposób usunęliśmy 142 przypadki procesów, które stanowią 10% oryginalnego zbioru danych. Schemat (w postaci grafu DFG) uzyskanego w ten sposób końcowego procesu biznesowego wraz z informacjami statystycznymi przedstawiono na rys. 2.

Częstotliwość przypadków procesu napływających do środowiska, które realizowane są zgodnie ze schematem danego wariantu, jest równa częstotliwości, z jaką ten wariant występuje w dzienniku zdarzeń. Kwalifikowalność zasobów dla zadania jest wyodrębniana z dziennika zdarzeń i jest definiowana jako średni czas trwania tego zadania podzielony przez średni czas trwania najkrótszego zadania w zbiorze danych. Na potrzeby naszych badań i identyfikacji słabych stron powszechnie stosowanych heurystyk alokacji zasobów stworzyliśmy w tym procesie sztuczne wąskie gardło, zmieniając kwalifikowalność zadania „Potwierdzenie odbioru”, tak aby było obsługiwane tylko przez jeden zasób.

15.3.3. Wyniki

Podczas pierwszego etapu eksperymentu wytrenowaliśmy 12 modeli z różnymi zestawami hiperparametrów, takich jak funkcja nagrody, reprezentacja stanu itd. Dodatkowo wytrenowaliśmy model, w którym krok uczenia jest wykonywany niezależnie od istnienia możliwych działań w środowisku. Następnie wszystkie modele zostały ocenione 50 razy pod względem liczby zakończonych przypadków procesu podczas symulacji z określoną liczbą kroków. Czas trwania pojedynczego przebiegu ewaluacyjnego został ustawiony na 93 000 kroków symulacji z prawdopodobieństwem 0,7% dla pojawienia się nowego przypadku procesu podczas pojedynczego kroku symulacji. Wyniki oceny modeli przedstawiono w tabeli 1. Wartości wyżej wymienionych hiperparametrów znajdują się w kolumnach nazwanych odpowiednio: nagroda (R), reprezentacja stanu (state repr.), wielkość próbki (batch size), liczba akcji (# of actions) oraz akcja istnieje (act. exists). Poza trenowanymi modelami ocenie podlegały także cztery powszechnie stosowane heurystyki alokacji zasobów: First-In-First-Out (FIFO), Shortest Processing Time (SPT), Least Slack Time (LST) i Earliest Deadline First (EDF).

Jak widać w tabeli 1, pod względem odsetka ukończonych procesów tylko trzy modele: Conf. 4, Conf. 5 i Conf. 6 ukończyły ponad 94% przypadków procesowych. Najlepszym modelem pod tym względem jest Conf. 5, który ukończył 96,14% instancji procesów. Dla porównania LST była jedyną heurystyką planowania, która ukończyła ponad 89% instancji. Inne heurystyki ukończyły tylko około 80% instancji procesów. Należy przy tym jednak zaznaczyć, iż heurystyki cechują się średnio mniejszymi różnicami między najlepszymi i najgorszymi przebiegami, co może wskazywać, że zachowują się bardziej stabilnie.

Tabela 1. Wyniki eksperymentu dla pojedynczego procesu

	Configuration Value					— Results [# of solved business process cases]								
	R	state repr.	batch size	# of actions	act. exists	mean	median	std dev.	min	max	Q ₁	Q ₃	% completed	
Conf. 1	1	s1	2048	355	yes	500	503	42	406	581	467	537	77.13	
Conf. 2	10	s1	2018	355	yes	571	575	39	456	663	546	596	88.06	
Conf. 3	100	s1	2048	355	yes	570	571	29	485	627	554	593	88.28	
Conf. 4	1000	s1	2048	355	yes	616	624	32	551	665	590	643	94.67	
Conf. 5	10000	s1	2048	355	yes	626	628	35	543	698	607	647	96.14	
Conf. 6	1000/q.w.t	s1	2018	355	yes	611	603	40	487	683	585	637	94.54	
Conf. 7	1	s1	32	355	yes	444	456	61	309	565	405	487	68.25	
Conf. 8	1	s1	128	355	yes	548	554	43	430	628	515	580	84.15	
Conf. 9	1	s1	512	355	yes	554	561	49	427	667	527	585	85.09	
Conf. 10	1	s1	2018	355	no	562	561	31	493	629	542	585	86.24	
Conf. 11	1	s2	2048	355	yes	333	329	26	289	398	315	350	51.18	
Conf. 12	1	s3	2048	355	yes	389	376	43	308	503	364	407	60.25	
Conf. 13	1	s1	2018	1297	yes	230	201	87	133	503	172	257	35.64	
SPT	-	-	-	-	-	524	525	28	429	570	508	544	80.43	
FIFO	-	-	-	-	-	516	517	29	436	577	501	533	78.84	
LST (task)	-	-	-	-	-	511	516	32	443	587	483	531	78.26	
LST (process case)	-	-	-	-	-	581	580	22	528	627	565	596	89.28	
EDF (task)	-	-	-	-	-	521	519	30	465	587	498	542	79.61	
EDF (process case)	-	-	-	-	-	510	518	32	444	566	491	530	78.49	

Źródło: Opracowanie własne.

Ponieważ rzeczywiste środowiska biznesowe zazwyczaj składają się z wielu procesów ze współdzielonymi zasobami, w drugim etapie eksperymentu wytrenowaliśmy model w środowisku składającym się z dwóch procesów. Nie byliśmy w stanie znaleźć rzeczywistego zbioru danych z wieloma procesami biznesowymi współdzielącymi pulę zasobów, więc aby przeanalizować zachowanie modelu, stworzyliśmy drugi proces biznesowy jako kopię oryginalnego procesu. Jediną różnicą było zmienione prawdopodobieństwo wystąpienia wariantów procesu. Pomimo różnych nazw, zadania tworzące warianty w drugim procesie korzystają z tej samej puli zasobów i mają taką samą kwalifikowalność jak ich odpowiednie zadania z oryginalnego procesu. Podobnie jak w pierwszym etapie eksperymentu, wytrenowany model został oceniony 50 razy i porównany z wyżej wymienionymi heurystykami. Wyniki dla najlepszego zestawu hiperparametrów oraz heurystyk zobrazowano w tabeli 2, przy czym wartości przed i po znaku „/” odnoszą się odpowiednio do pierwszego i drugiego procesu korzystającego ze wspólnej puli zasobów.

Tabela 2. Wyniki eksperymentu w środowisku wieloprocessowym

	Configuration Value					Results [# of solved business process cases]							
	R	state repr.	batch size	# of actions	act. exists	mean	median	std dev.	min	max	Q ₁	Q ₃	% completed
Conf. 14	10000	s1	2048	355	yes	316/292	317/298	20/31	267/190	362/345	303/278	330/313	95.64/91.53
SPT	-	-	-	-	-	266/266	266/266	16/18	229/213	292/306	253/253	279/277	81.27/81.75
FIFO	-	-	-	-	-	258/261	258/263	23/18	211/221	325/301	243/252	271/272	79.92/80.77
LST (task)	-	-	-	-	-	262/263	261/264	14/17	223/226	295/296	254/253	270/276	80.30/80.64
LST (process case)	-	-	-	-	-	289/291	290/293	15/16	256/249	332/321	279/281	295/305	89.18/89.28
EDF (task)	-	-	-	-	-	255/264	258/263	18/20	220/216	295/304	242/251	267/280	78.72/81.45
EDF (process case)	-	-	-	-	-	258/263	259/266	19/19	211/214	290/299	243/254	271/272	80.05/81.35

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

W ramach opisanych eksperymentów użyliśmy głębokiego uczenia ze wzmocnieniem do rozwiązywania problemu alokacji zasobów w procesach biznesowych. Naszym celem była optymalizacja alokacji zasobów dla wielu procesów i zasobów, odzwierciedlająca – przynajmniej do pewnego stopnia – złożoność rzeczywistych scenariuszy.

Wykorzystaliśmy autorskie środowisko symulacyjne, które umożliwia agentowi iteracyjne ulepszanie swojej polityki, dzięki uzyskiwaniu informacji o kolejnych stanach i nagrodach. Nasze podejście wykorzystuje symulację opartą na wariantach procesów zamiast powszechnie stosowanych sieci Petriego.

Wyniki zastosowanego algorytmu uczenia ze wzmocnieniem – t.j DDQN, użytego do rozwiązania problemu alokacji zasobów, zostały porównane z czte-

rema strategiami opartymi na popularnych heurystykach: FIFO, SPT, LST i EDF. W eksperymentach wykorzystaliśmy rzeczywisty zbiór danych, osiągając lepsze wyniki niż wszystkie zbadane heurystyki zarówno w środowisku jedno-, jak też i wielopprocesowym. Wyniki uzyskane dzięki zastosowaniu metodyki Deep Reinforcement Learning dla środowiska jednopprocesowego są o 20% lepsze niż większość heurystyk i o 8,6% lepsze niż LST (najbardziej złożona heurystyka, którą badaliśmy). W przypadku środowiska wielopprocesowego nasz algorytm osiągnął o 20% lepsze wyniki niż większość heurystyk (i o 4,8% lepsze niż LST). W obu przypadkach tylko algorytm głębokiego uczenia był w stanie rozwiązać ponad 90% przypadków procesów, napływających do środowiska symulacyjnego.

Opisany eksperyment traktujemy jako początkowy – i obiecujący – etap badań nad wykorzystaniem głębokiego uczenia ze wzmocnieniem do rozwiązywania problemu alokacji procesów biznesowych. W kolejnych etapach prac zamierzamy jeszcze bardziej rozszerzyć zbiory danych, w tym w szczególności te, które reprezentują środowiska wielopprocesowe. Jednocześnie zamierzamy dokonać porównania podejścia opartego na głębokim uczeniu ze wzmocnieniem z bardziej złożonymi heurystykami, takimi jak np. Monte Carlo Tree Search (MCTS).

Literatura

- Arias M., Saavedra R., Marques M., Munoz-Gama J., Sepúlveda M. (2018), *Human Resource Allocation in Business Process Management and Process Mining*, „Management Decision”, Vol. 56(2), s. 376-405.
- CoSeLog (Configurable Services for Local Governments project) (2016), <https://www.win.tue.nl/coselog/wiki/index.html> (dostęp: 20.04.2024).
- Ioffe S., Szegedy C. (2015), *Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift*, International Conference on Machine Learning PMLR, s. 448-456.
- Leemans S., Maggi F., Montali M. (2023), *Enjoy the Silence: Analysis of Stochastic Petri Nets with Silent Transitions*, https://www.researchgate.net/publication/371506015_Enjoy_the_Silence_Analysis_of_Stochastic_Petri_Nets_with_Silent_Transitions.
- Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D., Graves A., Antonoglou I., Wierstra D., Riedmiller M. (2013), *Playing Atari with Deep Reinforcement Learning*, arXiv preprint arXiv, 312.5602.
- Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D., Rusu A., Veness J., Bellemare M., Graves A., Riedmiller M., Fidjeland A., Ostrovski G. et al. (2015), *Human-level Control Through Deep Reinforcement Learning*, „Nature”, Vol. 518(7540), s. 529-533.

- Pourbafrani P., Vasudevan S., Zafar F., Ravikumar S., Van Der Aalst W. (2021), *A Python Extension to Simulate Petri nets in Process Mining*, https://www.researchgate.net/publication/349391475_A_Python_Extension_to_Simulate_Petri_nets_in_Process_Mining.
- Processifier (2024), <https://www.processifier.com/> (dostęp: 20.04.2024).
- Van Hasselt H., Guez A., Silver D. (2016), *Deep Reinforcement Learning with Double q-learning*, Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, Vol. 30, s. 2094-2100.
- Żbikowski K., Ostapowicz M., Gawrysiak P. (2023), *Deep Reinforcement Learning for Resource Allocation in Business Processes* [w:] M. Montali, A. Senderovich, M. Weidlich (eds.), *Process Mining Workshops*, Springer Nature Switzerland, Cham, s. 177-189.

Przepływ pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym

Wprowadzenie

Podstawowym warunkiem sprawnego i efektywnego funkcjonowania współczesnych organizacji jest dostęp do odpowiednich danych. Dane muszą być wysokiej jakości, aby menadżerowie mogli optymalnie realizować proces zarządzania, podejmować decyzje, planować, diagnozować i oceniać poziom realizacji zadań i wykorzystania posiadanych zasobów. Analityka danych firmowych jest nieodłącznym elementem wspierającym realizację tych procesów. Podstawowym wyzwaniem, z którym muszą się zmierzyć organizacje, jest właściwe zarządzanie danymi, które zapewnia wysoką jakość danych. Menadżerowie w organizacjach powinni posiadać wiedzę i umiejętności w zakresie identyfikowania kluczowych grup danych, zarządzania nimi i użytkowania systemów informatycznych, które umożliwiają i ułatwiają właściwą realizację procesu przetwarzania danych na potrzeby zarządzania. Poziom świadomości i kompetencji menadżerów w zakresie wykorzystania ICT jest coraz wyższy. W związku z tym proponowanym rozwiązaniem jest model samoobsługowy. Ideę tego modelu można odzwierciedlić charakteryzując przepływ pracy typowego analityka biznesowego, czyli każdej osoby przeprowadzającej analizy w organizacji. Celem rozdziału jest przedstawienie koncepcji modelu samoobsługowego dla analityka biznesowego. W sekcji pierwszej omówiono znaczenie danych w zarządzaniu organizacją ze szczególnym odniesieniem do procesu podejmowania decyzji, który jest realizowany w trakcie każdej funkcji zarządzania. W sekcji drugiej zidentyfikowano etapy przepływu pracy analityka biznesowego, scharakteryzowano poszczególne działania w każdym z etapów i wskazano predysponowane narzędzia ICT do ich realizacji w modelu samoobsługowym. W sekcji trzeciej zawarto podsumowanie rozważań, wskazano ograniczenia i kierunki dalszych prac dotyczące doskonalenia przepływu pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym.

16.1. Znaczenie danych w zarządzaniu organizacją

Efektywne zarządzanie organizacją umożliwia system informacji bezpośredniej. Proces podejmowania decyzji przebiega wtedy następująco: decydent dla podjęcia określonej decyzji zbiera odpowiednie dane, informacje, wiedzę i po ich analizie podejmuje decyzję, a następnie zbiera informacje o prawidłowości realizacji podjętych decyzji (realizuje zasadę sprzężenia zwrotnego). Na tej podstawie albo koryguje wcześniejsze decyzje, albo zadawała się otrzymanymi informacjami o efektach jej realizacji i nie podejmuje dodatkowych działań. Wszystkie te działania są wspierane narzędziami ICT i dotyczą procesów decyzyjnych na wszystkich szczeblach organizacyjnych zarówno w skali mikro, jak i makro [Kisielnicki, 2013]. Interpretacja danych zależy nie tylko od urządzeń do tego przystosowanych, ale także od kilku innych czynników, do których zalicza się m.in. [Kilijański, 2015]:

- naturalny subiektywizm każdego z pracowników,
- rodzaj adresata danych (czy są to dane wewnętrzne, czy też z przeznaczeniem dla szerszego grona interesariuszy),
- czy w końcu naturalne instynkty, które determinują ludzką percepcję.

Systemy informatyczne dostarczają danych i informacji dotyczących analizowanych wariantów w procesie podejmowania decyzji lub procedur obliczeniowych. Decyzje obejmują problemy wyboru jednej możliwości spośród nieograniczonego zbioru na podstawie dostarczonych decydentom informacji i procedur działania. Generalnie dzielą się na dwie kategorie: decyzje, do podjęcia których konieczne są „odkrycia” w ramach danych, oraz decyzje powtarzalne, zwłaszcza na masową skalę, w sferze których poprawa skuteczności procesu decyzyjnego może być wynikiem niewielkich wzrostów dokładności podejmowania decyzji na podstawie analizy danych. Podjęcie prawidłowej decyzji jest uwarunkowane [Walczak, 2012]:

- prawidłowym i precyzyjnym sformułowaniem problemu,
- dysponowaniem i dostępnością zasobów danych i informacji,
- jakością kanałów informacyjnych.

Dane i potencjał wydobywania z nich użytecznej wiedzy powinny być traktowane jako kluczowe aktywa strategiczne [Provost, Fawcett, 2019]. Postrzegając je jako aktywa, można myśleć, w jaki sposób i w jakim zakresie powinno się w nie inwestować tak, jak to się dzieje w przypadku wszystkich innych aktywów. Wiele organizacji uważa analitykę danych za coś odnoszącego się głównie do osiągnięcia dodatkowych wartości z jakichś istniejących danych, nie wiedząc, czy dysponuje się odpowiednim talentem analitycznym. Organizacje często jeszcze nie dysponują w pełni odpowiednimi danymi, umożliwiającymi podjęcie

optymalnej decyzji, i/lub właściwie utalentowanymi pracownikami lub zespołem, który zapewni najlepsze wsparcie decyzjom podejmowanym na podstawie danych. Co więcej, myślenie o danych jako o aktywach powinno doprowadzić do wniosku, że mają one charakter komplementarny. Najlepsza osoba lub zespół analityczny mają niewielką wartość bez odpowiednich danych i odwrotnie właściwe dane nie mogą znacząco poprawić decyzji bez odpowiednio utalentowanego zespołu lub analityka danych. Świadomość tego faktu może znacząco usprawnić proces podejmowania decyzji. Ponadto rozumienie procesów decyzyjnych jest niezbędne do identyfikacji danych dostarczanych przez analityka danych, ponieważ wartości atrybutów jakości danych i informacji są uzależnione od biznesowych potrzeb informacyjnych organizacji [Samitsch, 2015]. Nowoczesne technologie umożliwiają znacznie szybsze udostępnianie i przetwarzanie danych, co bezpośrednio przejawia się w coraz wyższej wartości informacji, na podstawie których opiera się proces decyzyjny. Szybki przepływ informacji, np. w formie operacyjnych raportów menedżerskich, skutkuje zrównoważoną wydajnością i efektywnością prac w myśl zasady „uzyskujesz informacje wtedy, kiedy ich potrzebujesz” [North i in., 2015].

Zmiany warunków funkcjonowania organizacji bezpośrednio wpływają na sposób ich działania. Zmuszają do niestandardowego myślenia, wymagają wizji i efektywnego współdziałania. Analiza danych jest niezwykle istotna w ramach strategii biznesowej, dlatego analityka danych powinna znaleźć stałe miejsce w agendzie zarządów organizacji, a odpowiedzialność związana z poprawnością przetwarzania i bezpieczeństwem danych powinna być traktowana jako poważny wymóg nakładany przez regulatorów rynków [www1]. Wpływa ona na funkcjonowanie, organizację i procesy biznesowe przez to, że obejmuje analizę zdarzeń przeszłych, jak i predykcję zdarzeń przyszłych. Dzięki analizom danych w różnych przekrojach uzyskuje się doskonały materiał do podejmowania optymalnych decyzji. Osoby decyzyjne potrzebują dziś danych dostarczanych przez data science i zaawansowane analizy wyświetlane na pulpitych w czasie rzeczywistym (tzw. dashboardach, kokpitach menadżerskich). Dzięki nim dostarczane są potrzebne informacje o zachodzących zmianach w dowolnych okresach i terminach. W ten sposób proces zmian jest stale monitorowany. Preferencje użytkowników tej generacji są więc skierowane na samoobsługowy dostęp do danych, aby mogli samodzielnie zgromadzić, zrozumieć dane, a następnie ich użyć [Palonka, 2021].

16.2. Model przepływu pracy analityka biznesowego

16.2.1. Schematyczne ujęcie procesu pracy analityka biznesowego

Model samoobsługowy w analizie biznesowej zyskuje na popularności, umożliwiając analitykom biznesowym wykonywanie zadań bez potrzeby angażowania zespołów IT na każdym etapie począwszy od pozyskania danych poprzez odpowiednie przygotowanie, załadowanie i udostępnienie. Ten model pracy przyspiesza procesy analityczne, zwiększa efektywność oraz daje większą kontrolę nad danymi. Przepływ pracy typowego analityka biznesowego w modelu samoobsługowym będzie składał się z czterech etapów [Gorelik, 2019; www2]. Schematyczne ujęcie działań w procesie przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Etapy przepływu pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym

Źródło: Opracowanie własne.

Znajdowanie i zrozumienie danych

Punktem wyjścia do wdrażania koncepcji i rozwiązań, które mogą zostać zaadaptowane w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej, są kwestie dotyczące znajomości procesów związanych z gromadzeniem i przechowywaniem danych. Do rozwiązań służących przechowywaniu danych zalicza się bazy danych, hurtownie danych, magazyny danych (składnice danych) i jeziora danych [Gorelik, 2019]. Ich przeznaczenie jest zróżnicowane, tzn. w bazie danych przechowywane są najczęściej dane dotyczące określonej części obszaru biznesowego, w magazynach danych zawarte są zarówno aktualne, jak i historyczne dane dla całej działalności organizacji. Hurtownia danych gromadzi dane wyłącznie w uporządkowanej formie z wyselekcjonowanych źródeł, tj. tematycz-

nych, pojedynczych baz danych. Używając ich serwera i będąc wyposażona w specjalne funkcjonalności z zakresu modelowania danych, zarządzania danymi oraz możliwość integracji źródeł danych, tworzy wyspecyfikowany zakres informacji dedykowany do zaspokojenia określonych potrzeb użytkownika. Różnica pomiędzy bazą danych a hurtownią danych polega na tym, że bazy danych służą do szybkiego, bieżącego przetwarzania niewielkich wycinków danych, natomiast ideą hurtowni jest prowadzenie kompleksowej analityki, której podstawa leży w ogromnych zbiorach informacji. Z kolei różnica pomiędzy składnicą danych a hurtownią danych polega na tym, iż tematyczna składnica danych jest podsekcją hurtowni danych, która została podzielona na partycje z wyspecjalizowaniem dla danego działu lub dziedziny, np. takiej jak produkcja, sprzedaż, finanse czy marketing. Zdarza się, że niektóre składnice danych tworzone są w niezależnych celach operacyjnych. Gdy hurtownia danych służy jako centralne archiwum, składnica obsługuje istotne dane dla wybranej grupy użytkowników. Ma to na celu uproszczenie dostępu do danych, przyspieszenie analizy i daje znacznie większą kontrolę nad własnymi danymi.

Do przechowywania dużych porcji danych mogą być wykorzystywane zarówno hurtownie danych, jak i jeziora danych, jednakże są to także różne systemy przechowywania. Jezioro danych jest pewnego rodzaju repozytorium, do którego przesyłane są surowe dane z wielu różnych źródeł, które nie są w żaden sposób uporządkowane. Nie ma ograniczenia, jakie i ile tych danych może być przechowywanych. Dane te są zwykle nieustrukturyzowane, które z różnych powodów nie trafiły do hurtowni danych – są to np. pliki tekstowe, zdjęcia, logi ze stron internetowych czy odczyty z czujników. Te dwa rozwiązania zwykle uzupełniają się pomiędzy sobą. Przykładowo gdy do udzielenia odpowiedzi na pytanie biznesowe potrzebne są surowe dane przechowywane w jeziorze danych, można je wyodrębnić, wyczyścić, przekształcić i wykorzystać do analizy w hurtowni danych. Jezioro danych będzie bardziej użyteczne, gdy potrzebujemy wykonywać zaawansowane analizy na surowych danych, np. analizę statystyczną czy modelowanie predycyjne. Hurtownie danych natomiast sprawdzają się znacznie lepiej w działaniach operacyjnych, związanych z bieżącą działalnością organizacji [Gorelik, 2019; Zabroń, Molga, 2023].

Kolejną kwestią konieczną do rozważenia jest fakt, że współcześni użytkownicy biznesowi chcą wyszukiwać niezbędne im dane przy użyciu znanych im terminów biznesowych. Jednakże często w ramach popularnych systemów analitycznych zbiory danych i nazwy pól są im udostępniane za pomocą innych, technicznych nazw. To sprawia trudności w znajdowaniu i zrozumieniu danych. W związku z tym w pierwszej kolejności organizacje muszą zadbać o warstwę wykrywania danych, aby zidentyfikować dane swojej organizacji. Warstwa ta

jest zlokalizowana ponad wszystkimi warstwami danych organizacji i umożliwia analitykom danych (bądź innym specjalistom) wyszukiwanie i przeglądanie zestawów danych oraz ich późniejsze wykorzystanie [Gontar, 2019].

Jednym z elementów hurtowni danych, istotnym z punktu widzenia wspomagania działań związanych z pracą użytkownika, są metadane. Jednak ich wykorzystanie jest złożone, bo głównym zadaniem jest ułatwianie dostępu do danych [Śmiałkowska, 2015]. Metadane umożliwiają przenoszenie informacji o danych między systemami, co jest widoczne np. w procesie eksportu definicji tabel. Metadane z jednej strony pozwalają na definiowanie znaczenia danych przechowywanych w organizacji, a z drugiej na przechowywanie logiki zależności między systemami informatycznymi. W swoim pierwotnym założeniu repozytorium metadanych miało za zadanie przechowywać metadane dotyczące samej hurtowni, a więc informacje o danych w niej zawartych, takie jak miejsce ich przechowywania, data aktualizacji, jak i definicje połączeń z systemami transakcyjnymi. Jednak repozytoria często przechowują, oprócz takich informacji, także metadane pochodzące z innych systemów [Żytniewski, 2004].

W kontekście wykrywania danych w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej metadane to dane dotyczące użytkownika. Określają źródło, wykorzystanie, wartości i inne funkcje zbiorów w magazynie danych. Należy wiedzieć, że występują metadane biznesowe, które dodają kontekst do danych, oraz metadane techniczne, które opisują sposób, w jaki mamy możliwość dostępu do danych (wliczając w to miejsce ich przechowywania), a także jaką posiadają strukturę [Zabroń, Molga, 2023].

Powszechnie wiadomo, że nie we wszystkich organizacjach wdrożone są zintegrowane systemy informatyczne wspomagające zarządzanie [Kafel, 2017], których moduły działają na podstawie hurtowni danych [Pelikant, 2021]. Często wdrożonych jest wiele dziedzinowych systemów informatycznych, które wspomagają funkcjonowanie organizacji i działają na bazie danych. W związku z tym wiedza o tym, gdzie znajdują się jakie dane, z których zbiorów użyć danych i do jakich analiz, jest zamknięta w umysłach ludzi – jest to tzw. wiedza cicha organizacji [Gorelik, 2019]. Analitycy biznesowi, aby samodzielnie rozwiązać problem, muszą dobrze znać procesy realizowane w organizacji i miejsca składowania elementarnych danych. W przeszłości analizy były zazwyczaj przeprowadzane przez wyspecjalizowany personel – odpowiednio wyszkolonych specjalistów technicznych, rozumiejących sens danych w modelu danych i posiadających umiejętności ich wyszukiwania. W modelu samoobsługowym analizy będą mogli wykonywać wszyscy, którzy muszą podejmować decyzje na podstawie danych z udostępnionych im zbiorów. To już dzisiaj w połączeniu z szybkim wzrostem ilości danych sprawia dwa poważne problemy: po pierwsze trudno

znaleźć osoby (ekspertów), którzy posiadają wiedzę na temat danych w organizacji, po drugie nie zawsze można odpowiedzieć na pytanie, czy dostępnym danym można zaufać. Zaufanie opiera się zwykle na trzech filarach informujących o tym:

- jak kompletny i oczyszczony jest zbiór danych – jakość danych,
- skąd pochodzą dane – pochodzenie,
- kto utworzył dany zbiór danych i dlaczego – zarządzanie tzw. stewardship.

Rozwiązaniem jest odpowiednie zarządzanie danymi i zatrudnianie osób odpowiedzialnych za tzw. stewarding danych. Osoby te sprawują kuratelę nad danymi. Są odpowiedzialne za upewnianie się, że zasoby danych są poprawne, za dokumentowanie ich celu i pochodzenia, za definiowanie zasad zarządzania dostępem i cyklem życia, upewnianie się, że są one wykorzystywane odpowiednio, zgodnie z regulacjami rządowymi oraz wewnętrznymi i są utrzymywane na wysokim poziomie jakości [Gontar, 2019; Kadzinets, 2022].

Zdefiniowanie odpowiednich mechanizmów pozwalających na łączenie systemów wewnątrz procesu odkrywania wiedzy w dużym stopniu związane jest z koncepcją metadanych [Żytniewski, 2004]. W modelu samoobsługowym w analizie biznesowej, aby wypełnić tę lukę, organizacje mogą zainwestować w katalogi danych, które umożliwią analitykom znalezienie wszystkich danych dostępnych w każdej bazie danych lub aplikacji utrzymywanej w organizacji. Katalogi danych kojarzą terminy lub znaczniki biznesowe ze zbiorami danych i ich polami, umożliwiając analitykom szybkie znajdowanie zbiorów danych przy użyciu takich znaczników i zrozumienie tych zbiorów danych po przejrzeniu znaczników powiązanych z poszczególnymi polami. Dzięki wdrożeniu katalogu danych analitycy będą mogli wtedy wyszukiwać dane według różnych kryteriów i lepiej zrozumieć ich jakość. Będą mogli pobrać zasób danych niezbędnych dla swojego projektu i przeanalizować go. Ponadto katalogi danych, które są ściśle zintegrowane z platformą zarządzania, pomagają w dostosowaniu się do zmieniających się przepisów i zasad oraz pomagają zapewnić dostęp do danych, którymi zarządza organizacja. Po sklasyfikowaniu zasobów danych można stworzyć reguły, które anonimizują lub ograniczają dostęp do niektórych danych, aby nie trafiły w niepowołane ręce.

Do przesłanek, dla których warto inwestować w katalog danych, można zaliczyć [Tucker, 2019; Palonka, 2021]:

- szybkość i samoobsługę – analitycy biznesowi, zamiast wysyłać żądania do działu ICT o dane, które spełniają ich biznesowe potrzeby informacyjne, sami mogą przeszukać katalog danych; skraca to czas dostępu do danych i zapewnia samoobsługowy dostęp do danych;

- kompleksowe wyszukiwanie i dostęp do odpowiednich danych – nie zawsze analitycy biznesowi od razu wiedzą, jakich danych potrzebują. Możliwość przeszukiwania dostępnych zasobów danych powoduje, że mogą znaleźć dane, o których istnieniu wcześniej nie wiedzieli. Umożliwia to rozszerzenie analiz i zapewnia lepszy wgląd w sytuację;
- znaczący kontekst – jeśli analityk biznesowy znajdzie zasób danych, który byłby dla niego przydatny w danym kontekście, może pozyskać dodatkowe informacje, np. może przeczytać opis, przejrzeć metadane biznesowe i definicje terminów biznesowych oraz przeczytać komentarze innych osób dotyczące danych;
- większe zaufanie i pewność danych – przeglądając dane i profilując je, analityk biznesowy może bardzo szybko sprawdzić, czy określone pola mają wartości zerowe lub nieprawidłowe. Dzięki temu czyszczenie danych jest jeszcze łatwiejsze. Wyniki jakości i zalecenia społeczne dotyczące zasobu danych pomagają zwiększyć zaufanie do danych, z których może korzystać analityk;
- ochronę danych z zachowaniem zgodności – zamiast maskowania każdej kolumny przez informatyka, reguły danych są uruchamiane automatycznie na podstawie automatycznej klasyfikacji danych. Dzięki temu organizacje nie muszą się martwić, że niewłaściwe dane dostaną się w niepowołane ręce.

Chociaż katalogi mają kluczowe znaczenie dla umożliwienia samoobsługi użytkownikom biznesowym, ich budowa i utrzymywanie mogą stanowić pewne wyzwanie dla organizacji. Na rynku ICT obserwowany jest systematyczny rozwój katalogów danych. W modelu samoobsługowym w analityce danych organizacje mogą wykorzystać np. Alation Data Catalog, Collibra Data Catalog, IBM Knowledge Catalog itd. [Lawton, 2024].

Dostarczenie danych

Po zidentyfikowaniu odpowiedniego zbioru danych do analiz musi on zostać udostępniony do użytku, czyli dostarczony. Ze względu na to, że bazy danych są cennymi repozytoriami poufnych firmowych informacji dostarczanie ma dwa aspekty: uzyskanie uprawnień do korzystania z danych oraz uzyskanie fizycznego dostępu do danych [Polaczek, 2013].

W modelu samoobsługowym w analizie biznesowej organizacje muszą wdrożyć odpowiedni poziom bezpieczeństwa obejmujący zarówno techniczne, jak i organizacyjne mechanizmy kontroli bezpieczeństwa, aby zapobiec utracie danych, wyciekowi informacji lub innym nieautoryzowanym operacjom przetwarzania danych [Busłowska, 2012; Elmasri, Natvathe, 2019]. Do istotnych kwestii wymagających rozważenia, które ograniczają ryzyko naruszenia zabezpieczeń

danych i upraszczających proces zapewniania zgodności należy zaliczyć [Grzyb, Woźniak-Zapiór, 2023; www3]:

- ochronę danych w celu zmniejszenia ryzyka naruszenia poufności danych i niezgodności z przepisami. Tu na uwagę zasługują rozwiązania obsługujące wiele różnych przypadków użycia, np. szyfrowanie, zarządzanie kluczami, zamazanie i maskowanie, np. Oracle Data Safe;
- kontrolę dostępu do danych, w której podstawowym etapem zabezpieczania systemu bazy danych jest weryfikacja tożsamości użytkowników uzyskujących dostęp do bazy danych (uwierzytelnianie) i kontrolowanie operacji, które mogą oni wykonywać (autoryzacja). Tylko silna kontrola uwierzytelniania i autoryzacji pomaga chronić dane przed atakiem. Ponadto wymuszanie rozdziału obowiązków pomaga w uniemożliwieniu uprzywilejowanym użytkownikom nadużycia uprawnień systemowych do uzyskiwania dostępu do poufnych i wrażliwych danych, a także w zapobieganiu przypadkowym lub złośliwym zmianom w bazie danych;
- audyt i monitorowanie, bowiem wszystkie działania w bazie danych powinny być rejestrowane. Dzięki temu możliwe jest późniejsze audytowanie w zakresie działań wykonywanych poprzez sieć, a także działań uaktywnianych w obrębie bazy danych (zazwyczaj przez logowanie bezpośrednie), które pomijają monitorowanie sieci. Audytowanie powinno działać nawet w przypadku zaszyfrowania sieci. Bazy danych muszą oferować solidne i kompleksowe audytowanie obejmujące informacje o danych, kliencie, z którego wysyłane jest żądanie, szczegółach operacji itd.;
- zabezpieczanie baz danych w chmurze, bo wdrożenia baz danych w chmurze mogą zmniejszyć koszty, umożliwić pracownikom skupienie się na ważniejszych zadaniach, a także wspierać bardziej elastyczną i responsywną strukturę informatyczną firmy. Korzyści te mogą wiązać się jednak z dodatkowym ryzykiem, np. z poszerzoną granicą sieciową, rozszerzoną powierzchnią zagrożenia z nieznaną grupą administracyjną lub współdzieloną infrastrukturą. Dzięki zastosowaniu najlepszych praktyk w zakresie zabezpieczeń ochrony baz danych, chmura może zapewnić większe bezpieczeństwo niż większość lokalnych rozwiązań organizacji i jednocześnie zmniejszyć koszty i zwiększyć elastyczność.

Organizacje gromadzą poufne firmowe dane i dane sensytywne, tzn. dane osobowe klientów, pracowników, beneficjentów, a także informacje wrażliwe biznesowo. Jednym z największych wyzwań w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej jest podjęcie decyzji, którym użytkownikom należy zapewnić dostęp i do jakich danych.

Tradycyjne metody kontroli dostępu polegają na tworzeniu grup użytkowników, do których dodawane są konta indywidualnych użytkowników, i przyznawaniu uprawnień dostępu dla każdej grupy czy do każdego zbioru danych lub pól. Współczesnym, zwinnym podejściem do kontroli dostępu jest tworzenie katalogów metadanych, które umożliwiają analitykom znalezienie dowolnego zbioru danych bez uzyskiwania dostępu do niego. Po zidentyfikowaniu odpowiednich zbiorów danych analitycy biznesowi żądają dostępu do nich, a steward danych lub właściciel danych decydują, czy przyznać dostęp, na jak długo i dla których części danych. Gdy wygasa okres ważności dostępu, może on zostać automatycznie anulowany lub można wysłać żądanie o przedłużenie okresu ważności. Inne podejście polega na zarządzaniu dostępem do danych i wizualizacji w oparciu o role w całej organizacji. Można stworzyć pulpity nawigacyjne z filtrami dla każdego użytkownika, na każdym poziomie w strukturze organizacyjnej bądź stanowisku [www4]. Pulpity ułatwiają pracę z danymi poprzez zapewnienie wglądu we wszystkie różne źródła danych w jednym miejscu, uczynienie złożonych danych bardziej zrozumiałymi za pomocą wizualizacji lub udostępnienie odpowiednich spostrzeżeń innym członkom organizacji. Pomagają użytkownikom zachować koncentrację poprzez zastosowanie różnych technik, np. progressive disclosure, tzn. „Nie pokazuj wszystkiego na raz, ale wykorzystaj interaktywne elementy, aby poprowadzić użytkownika przez dane, na przykład za pomocą wizualnych hierarchii, zakładek, harmonijek lub filtrów. Zaczynij od najistotniejszych ustaleń na początkowym ekranie, ukrywaj niepotrzebne ustalenia tak długo, jak to możliwe i ujawniaj te szczegóły stopniowo w kolejnych ekranach”. Takie podejście pomaga użytkownikowi biznesowemu skupić się na istotnych dla niego danych w danym momencie, jednocześnie umożliwiając mu później dostęp do innych, szczegółowych danych. Ponadto taki użytkownik może mieć dostęp do samoobsługowych alertów opartych na danych na pulpach nawigacyjnych lub vizzen. Ta funkcja umożliwia otrzymywanie wiadomości e-mail, gdy marker przekroczy próg wizualny, co ma istotne znaczenie na etapie analizy danych [www5].

W zależności od wykorzystywanego narzędzia w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej użytkownicy biznesowi mogą mieć bezpieczny dostęp do różnych źródeł danych, np. Tableau łączy się bezpośrednio z setkami źródeł danych, zarówno on-premise, jak i w chmurze obliczeniowej, niezależnie od tego, czy jest to baza danych, czy arkusz kalkulacyjny. Dostępne są natywne konektory do około 100 źródeł danych, w tym Salesforce, Google Databases (Ads, Analytics, Big Query, Cloud SQL, Drive, Sheets), Oracle, MySQL, SAP HANA, Excela i innych źródeł, w tym baz danych [www6]. Z kolei Oracle Data Safe umożliwia organizacjom zrozumienie wrażliwości danych, ocenę ryzyka związanego z da-

nymi, maskowanie danych wrażliwych, wdrażanie i monitorowanie kontroli bezpieczeństwa, ocenę bezpieczeństwa użytkowników, monitorowanie aktywności użytkowników i zarządzanie zaporą Oracle Database 23ai SQL Firewall – wszystko w jednej, ujednoliconej konsoli [www7]. Te funkcje pomagają w codziennym zarządzaniu wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa i zgodności, zarówno lokalnie, jak i w chmurze [Grzyb, Woźniak-Zapiór, 2023; www3].

W modelu samoobsługowym w analizie biznesowej dobrze zorganizowana strategia ochrony bazy danych powinna zawierać elementy minimalizujące różne zagrożenia będące efektem działań na linii ocena-identyfikacja-zapobieganie.

Dobrym podejściem byłoby zaplanowanie wdrożenia zestawu zabezpieczeń odpowiednich do wrażliwości danych, ich ważności dla organizacji i potencjalnych zagrożeń w środowisku [www3].

Przygotowanie danych do analizy

Rozwój techniki teleinformacyjnej, internetu i informatyki, przy jednoczesnym spadku jednostkowych kosztów gromadzenia i przechowywania danych, powoduje, że możliwe staje się zbieranie i gromadzenie praktycznie dowolnej ilości danych. Pochodzą one z wielu źródeł wewnętrznych i zewnętrznych organizacji [Navlani, Fandango, Idris, 2022]. Są gromadzone w bazach danych, składnicach danych, hurtowniach danych czy jeziorach danych. Z biznesowego punktu widzenia coraz bardziej istotne w ostatnich latach stają się dane będące efektem interakcji międzyludzkich, tzw. human interaction data [Kaswan i in., 2023]. Tworzą je wszelkie formy komunikacji, takie jak wiadomości e-mail, sms, wszelkie przesyłane dokumenty tekstowe, zdjęcia, filmy czy nagrania dźwiękowe [Migdał-Najman, Najman, 2018]. Dane te stanowią podstawę wielu współczesnych modeli biznesowych związanych z promocją, reklamą, sprzedażą i dystrybucją produktów i usług. Jednakże aby te działania mogły być skuteczne, modele muszą opierać się na danych o odpowiedniej jakości. Niestety zbiór big data jest zbiorem rozproszonym, niestrukturyzowanym, powstającym jednocześnie w ogromnej liczbie miejsc, w różnych systemach czy standardach [Racka, 2016]. Powoduje to, że obok danych wysokiej jakości (*clear data*) znajdują się tu także dane nieprawdziwe, nieaktualne, zaszumione, często wielokrotnie zduplikowane, niekompletne lub błędne (*dirty data*), a także dane, o których jakości czy użyteczności nic nie wiadomo (*dark data*). Znaczący udział dirty i dark data powoduje wiele negatywnych konsekwencji w analizie big data [Migdał-Najman, Najman 2018]. W organizacjach występują problemy wynikające z ograniczeń sprzętowych i czasu potrzebnego do przeprowadzania analiz tych danych. Zmusza to do tworzenia coraz bardziej skomplikowanych algorytmów potrzebnych

do ich analizy. Jednocześnie im większe zbiory danych są analizowane, tym większe prawdopodobieństwo odkrycia znaczącej wiedzy w nich ukrytej, którą organizacja może wykorzystać do realizacji procesów biznesowych. Poprawa strategii biznesowych na podstawie analizy zgromadzonych danych jest szansą na osiągnięcie przez przedsiębiorstwo przewagi konkurencyjnej.

Niektóre dane mogą zostać użyte do analizy w takiej postaci, w jakiej zostały zgromadzone. Jednakże znacznie częściej wymagane jest ich przygotowanie. Może ono polegać na wybraniu odpowiedniego podzbioru danych lub może obejmować złożony proces oczyszczania i transformacji, aby uzyskać dane w odpowiedniej formie. Proces przygotowania danych rozumiany jest jako proces manipulowania nieprzetworzonymi, nieusystematyzowanymi, nieustrukturyzowanymi danymi w uporządkowane zbiory danych zdalnych do dalszej analizy. Składa się z serii podstawowych czynności, takich jak np.: profilowanie danych, czyszczenie, integracja oraz transformacja [Abdallah, Du, Webb, 2017; Ilyas, Chu, 2019]. Skupia się na określeniu, co zawierają dane, poprawianiu ich jakości i kompletności, standaryzowaniu i strukturalizowaniu, zbieraniu i konsolidowaniu oraz podejmowaniu kroków transformacyjnych, aby uczynić je użytecznymi, zwłaszcza w kontekście raportowania i analiz [Stodder, 2016]. W procesie przygotowania danych są one konwertowane do formatu numerycznego, który jest czytelny dla maszyn i może być używany w określonych programach analitycznych, takich jak SAS czy SPSS [Taherdoost, 2022]. Generalnie proces ten ma na celu przekształcenie nieuporządkowanych danych w uporządkowane zbiory zdane do analizy, dlatego jest niezmiernie istotnym etapem przed rozpoczęciem analizy danych.

W przygotowaniu danych wykonywane są m.in. czynności, takie jak [Trajer, Janaszek-Mańkowska, Mańkowski, 2016; Abdallah, Du, Webb, 2017; Bień, 2022]:

- profilowanie danych będące statystycznym procesem analizy pod kątem poprawności danych, ich kompletności, unikatowości, spójności, racjonalności i logiki. Obejmuje pozyskiwanie, wybieranie i audyt odpowiednich danych. Niezmiernie ważne jest dokonanie oceny, czy dostępne dane są wystarczające do uzyskania pożądaných rezultatów, czy są odpowiedniej jakości, czy nie są przestarzałe i już nieaktualne. Ocena danych przed analizą jest ważnym krokiem, który pozwala na zapewnienie, że analiza będzie wiarygodna;
- czyszczenie danych jest definiowane jako proces wykrywania i poprawiania (lub usuwania) uszkodzonych lub nieprecyzyjnych rekordów z zestawu danych, tabeli lub bazy danych. W tym procesie wykrywane są anomalie w danych, analizowane są brakujące rekordy, wykrywane outliersy, tzn. dane niepasujące do innych;

- wzbogacenie danych polega na dodawaniu dodatkowych informacji do zbioru danych;
- integracja danych oznacza łączenie różnych zbiorów danych;
- transformacja danych obejmuje normalizację danych, liniową transformację, przekształcenie Boxa-Coxa¹ oraz transformację danych z typu nominalny na numeryczny itp.;
- dyskretyzacja przekształca dane ciągle w formę dyskretną. Jest to przydatne w wielu przypadkach, bo pozwala na lepszą reprezentację danych, redukcję objętości danych, lepszą wizualizację danych oraz reprezentację danych na różnych poziomach szczegółowości.

Niezależnie od wielkości organizacji, struktury działu analitycznego i jakości danych, każdą analizę danych należy rozpocząć od przygotowania zbioru do przeprowadzenia analizy i jego wizualizacji. Na tym etapie w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej może zostać wykorzystana Eksploracyjna Analiza Danych (Exploratory Data Analysis – EDA) [Trajer, Janaszek-Mańkowska, Mańkowski, 2016]. Pierwsze działania pozwalają zapoznać się analitykowi z zastaną strukturą i obsłużyć ewentualne problemy. W konsekwencji krok ten wiąże się zarówno ze wstępną analizą zbioru w narzędziu analitycznym, jak i dokładnym zapoznaniem z metadanymi zbioru i porównywaniem wniosków z zespołem tak, aby wyjaśnić wszystkie wątpliwości analityka względem danych, które będzie analizował. Po poprawnym przeprowadzeniu tych działań bardzo często otrzymywana jest informacja o koniecznych transformacjach na danych w zbiorze, których wykonanie jest niezbędne dla dalszej analizy.

W związku z tym w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej w drugim kroku EDA, dotyczącym przygotowania danych do analiz, należy skupić się na optymalizacji technicznej zbioru danych. Oznacza to udzielenie odpowiedzi na dwa pytania w przypadku każdej z badanych kolumn/zmiennych/tabel zbioru danych:

- Czy dany obiekt (np. tabela, kolumna, zmienna) jest przydatny w przypadku tej analizy (jeśli nie, czy należy go usunąć)?
- Czy dany obiekt ma odpowiedni typ danych (np. czy liczby to na pewno integer/float, a nie string)?

Krok ten jest prosty do wykonania, ale niezmiernie ważny. W przypadku średnich i dużych zbiorów danych może przyspieszyć pracę nawet kilkukrotnie. W przypadku gdy analiza danych przeprowadzana jest na płaskiej tabeli zawierającej około kilkadziesiąt tysięcy rekordów i kilkadziesiąt kolumn, ten krok

¹ Przekształcenie Boxa Coxa ma na celu przekształcenie danych w taki sposób, aby ich rozkład był jak najbardziej zbliżony do rozkładu normalnego, czyli aby histogram wyglądał jak dzwon [Białowas, 2021].

może zmniejszyć jej wielkość nawet kilkunastokrotnie. To wpływa oczywiście na czas analiz. Wygenerowanie prostego wykresu zajmie jedną zamiast kilkunastu sekund, a w konsekwencji wykonanie pełnego skryptu analitycznego zajmie kilka zamiast kilkunastu minut [www6]. Choć nie są to duże liczby, należy pamiętać, że budowa i testowanie skryptu zakłada jego wielokrotne uruchamianie.

Na tym etapie dokonywana jest transformacja dostępnych danych. Tu należy pamiętać o typach danych obsługiwanych przez wykorzystywane środowisko analityczne i zawsze dążyć do minimalizacji potrzebnej pamięci. Należy unikać najbardziej „pamięciożernych” typów, takich jak string (tj. słowa, zadania, ciągi znaków). W zamian warto dążyć do tych najbardziej oszczędnych, takich jak boolean (true/false) [www6].

Kolejnym krokiem EDA w procesie przygotowywania danych jest odpowiednie zarządzanie brakami danych w bazie. Jest to tzw. analiza kompletności (*completeness analysis*). Bada ona jak często i u których jednostek dana zmienna jest wypełniona, jak często jest pominięta lub jest zerowa. Analiza ta pozwala stwierdzić, czy wypełnienie danego pola jest typowe dla użytkownika, czy nie. Pozwala weryfikować problemy w zbiorze danych typu: brak wartości zmiennej, a powinna być, albo jest wartość zmiennej, której nie powinno być. Najpierw należy określić typ występujących braków ze względu na ich genezę. Wyróżnia się:

- błędy ludzkie (dana wartość powinna być wypełniona, jednak osoba za to odpowiedzialna tego nie zrobiła),
- realne braki (ze względu na specyfikę rekordu, rzeczywiście wartość powinna być pusta, np. wartość zmiennej „ostatnio zakupiony produkt” powinna być pusta w przypadku klienta, który jeszcze nie dokonał zakupu na naszej platformie).

Braki występujące ze względu na błędy ludzkie wymagają uzgodnienia ich obsługi w zespole/z kadrą zarządczą. Natomiast w przypadku realnych braków sposób ich obsługi powinien być uzależniony od przeprowadzonej analizy. Najczęściej rekordy z brakami nie są zmieniane i podczas prezentacji rezultatów traktowane są jako oddzielna kategoria rekordów.

Po odpowiednim oczyszczeniu danych konieczne jest lepsze zrozumienie ich struktury. W tym kroku wykonywane są analizy: analiza unikatowości (*uniqueness analysis*), która bada ile różnych, unikatowych wartości przyjmuje dana zmienna w zbiorze danych. Z kolei analiza rozkładu wartości (*values distribution analysis*) bada, jaki jest rozkład częstości danej zmiennej. Jedną ze stosowanych technik jest analiza Benforda (Benford’s Law) [PBSG, 2022].

Jednocześnie na tym etapie powinno się zdecydować o podejściu do wartości odstających. Analiza zakresu (*range analysis*) bada, jakie są wartości ekstremalne (a także typowe) danej zmiennej. W dalszej analizie można zidentyfi-

kować błędy przekroczenia możliwych zakresów zmiennych oraz zmienne, dla których wartości typowe odbiegają od znanych lub możliwych do oszacowania wielkości. Pozwala to na wykrywanie wartości skrajnych (*outliers*), które mieszczą się w zakresie teoretycznym, jednak w znaczącym stopniu wpływają na wartość parametrów rozkładu.

Ostatnim krokiem poprawnie przeprowadzonej EAD jest sprawdzenie zależności i korelacji występujących między badanymi zmiennymi. Ten krok zakłada sprawdzenie współwystępowania danych kategorii i wartości poszczególnych zmiennych w zbiorze danych. Podstawową aktywnością w ramach tego etapu jest wyznaczenie miar korelacji. W najbardziej klasycznym przypadku miarą tą będzie współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Analiza korelacji i współwystępowania pozwala sprawdzić poprawność i zgodność danych z intuicją. Jeśli analiza wykaże, że np. większe wartości zamówień występują w przypadku klientów indywidualnych, a nie firm, to może to wskazywać na błędy w zbiorze, które nie zostały wykryte na żadnym z wcześniejszych poziomów analizy. Jednocześnie jest to krok EDA, w którym można wskazać już pierwsze zależności. Analiza powiązań (*dependency analysis*) bada zależności występujące dla danej zmiennej lub między wieloma zmiennymi w zbiorze danych. Zależności te mogą być wielorakiego rodzaju, tj. logiczne, funkcyjne, częściowe, warunkowe.

Dzięki tym działaniom analityk może już płynnie przejść do właściwej analizy, czystego już zbioru danych. Odpowiednie wykonanie powyższych kroków znacznie skraca pracę analityczną nad zbiorem, oszczędza wielu pomyłek i nieporozumień oraz zapewnia, że analiza danych zostanie przeprowadzona skutecznie.

Zestawy narzędzi, zwanych narzędziami do przygotowania danych lub oczyszczania danych (*data wrangling*), ułatwiają analitykom biznesowym konwertowanie surowych danych na format odpowiedni do analizy bez konieczności posiadania szerokich umiejętności technicznych. Narzędzia te stanowią wizualny interfejs podobny do arkusza kalkulacyjnego, z którym mogą pracować użytkownicy biznesowi. Najpopularniejszym narzędziem stosowanym w organizacjach do przygotowywania danych jest Microsoft Excel, ale nie jest on efektywnym rozwiązaniem do pracy z dużymi zbiorami danych. Do identyfikacji błędów w bazie danych można wykorzystać język R, który umożliwia wykrycie anomalii w zbiorze danych, a następnie przeprowadzenie kompleksowej analizy danych. Dostawcy narzędzi do wizualizacji danych, np. Tableau czy Qlik, wprowadzili do swoich narzędzi typowe funkcjonalności przygotowywania danych. Na przykład Tableau Prep Builder znajduje się w pakiecie produktów Tableau i zostało zaprojektowane, aby przygotowywanie danych było łatwe i intu-

cyjne. Może być użyte do łączenia, kształtowania i czyszczenia danych, które później zostaną wykorzystane do analizy w Tableau [www8].

Pomimo tego, że w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej na tym etapie pojawia się już wstępna praca typowo analityczna, generowane są wykresy i statystyki, to nie należy traktować go jak pełnej analizy danych. Ten etap ma jedynie wprowadzić analityka w charakterystykę zbioru danych i pozwolić mu na ewentualne transformacje jeszcze przed właściwą analizą.

Analiza i wizualizacja danych

Bogactwo danych gromadzonych i przechowywanych przez organizację może przynieść wiele korzyści pod warunkiem, że zostaną one odpowiednio zinterpretowane w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej. Dane stanowią podstawę innowacji, lecz ich wartość wynika z informacji z nich generowanych przez analityków danych i z działań opartych na tych informacjach. Przetwarzanie danych za pomocą technik matematycznych, statystycznych, ekonometrycznych i oprogramowania komputerowego w celu zrozumienia pewnych zjawisk, uzyskania wglądu w sytuację i pozyskania wiedzy w danym zakresie umożliwia analiza danych (analitka danych) [Provost, Fawcett, 2019]. Dzięki niej istnieje możliwość uzyskania cennych wniosków, ujawnienia trendów, które przyczyniają się do podejmowania świadomych decyzji biznesowych oraz tworzenia bardziej innowacyjnych produktów i usług [Rodriguez, 2017]. Analitka jest sposobem na wykorzystanie kapitału intelektualnego (danych, relacji, procesów) do konkutowania i utrzymania trwałej przewagi konkurencyjnej. Proces analityczny obejmuje wykorzystanie zarówno dedukcyjnych, jak i indukcyjnych procesów tworzenia praktycznej wiedzy w organizacjach. Wymaga zdefiniowania założeń i ich walidacji w celu zbudowania modeli koncepcyjnych i logicznych, które można wykorzystać do wyciągnięcia wniosków. Jednocześnie na podstawie danych można identyfikować wzorce i proponować hipotezy, które następnie można zweryfikować metodami statystycznymi [Jajuga, Walesiak, 2018].

Wyróżnia się cztery typy analityki [Silver, Baena, 2012; Fleckenstein, Fellows, 2018; Bekker, 2019; Wolniak, 2023]:

- opisową (deskryptywną), która odpowiada na pytanie: Co się stało?; jest rodzajem analizy danych, który polega na badaniu danych historycznych w celu zrozumienia przeszłych zdarzeń, trendów i wzorców; pomaga organizacjom zrozumieć, co się wydarzyło, kiedy się to wydarzyło i dlaczego się to wydarzyło;
- diagnostyczną, która daje możliwość porównania z innymi danymi, aby odpowiedzieć na pytanie: Dlaczego coś się wydarzyło?; jest procesem wykorzystywania danych do określenia przyczyn trendów i korelacji między

zmiennymi, który można postrzegać jako logiczny krok po zastosowaniu analizy opisowej do identyfikacji trendów;

- predykcyjną, która mówi o tym, co może się wydarzyć w przyszłości; wykorzystuje ona istniejące informacje w celu ustalenia właściwości do przewidywania przyszłych trendów i wzorców oraz dane historyczne i wiedzę do przewidywania wyników przyszłych zdarzeń z danym prawdopodobieństwem;
- nakazową (preskryptywną), która daje możliwość określenia, jakie działania należy podjąć, aby wyeliminować przyszły problem lub w pełni wykorzystać obiecujący trend; jest wykorzystywana do dostarczania rekomendacji możliwie najlepszej decyzji do podjęcia na podstawie jej wyników; korzysta z wyników analiz predykcyjnych oraz deskryptywnych.

W określeniu kombinacji typów analiz danych, jakie zostaną zastosowane przez organizację w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej, zaleca się udzielenie odpowiedzi na następujące pytania [Palonka, 2021]:

- jaki jest obecny stan analityki danych w organizacji?
- jak głęboko muszą być zagłębiane dane? czy odpowiedzi na problemy organizacji są oczywiste?
- jakie statystyki są prowadzone, a jakie powinny być prowadzone (jakie są potrzebne)?

Odpowiedzi na te pytania mogą pomóc wybrać właściwą strategię analizy danych w modelu samoobsługowym. W idealnym przypadku strategia powinna umożliwiać stopniowe wdrażanie poszczególnych typów analiz – od najprostszych do bardziej zaawansowanych, projektowanie rozwiązania do analizy danych z użyciem optymalnej technologii oraz szczegółowego planu i realizacji wdrożenia.

Informacje powstałe w wyniku przetworzenia danych muszą zostać skutecznie przekazane odbiorcom. Nie jest to łatwe zadanie, bo podczas przygotowywania prezentacji należy wziąć pod uwagę szczególne właściwości ludzkiego umysłu w zakresie postrzegania i przyswajania informacji. Kluczem do przyjaznej formy zaprezentowania danych jest dziś graficzna wizualizacja, przede wszystkim tworzenie wykresów i schematów [Malinowski, Ćwieląg, Słomiany, 2016]. Wizualizacje są powszechnym narzędziem pomagającym ludziom poruszać się po informacjach [Matzen i in., 2017], wykorzystują możliwości ludzkiego systemu wzrokowego i mogą zapewnić użytkownikom naturalny sposób eksploracji i zrozumienia dużych ilości informacji².

² Wizualizacje mogą być również mylące i wprowadzające w błąd, szczególnie w przypadku złożonych, wielowymiarowych zestawów danych, które nie mają naturalnej reprezentacji wizualnej.

Wizualizacja danych pełni dziś ważną rolę. Znamienne jest porównanie dokonane przez H. Roslinga na podstawie opisu, że „większość z nas musi muzykę usłyszeć, aby zrozumieć, jak jest piękna. Ale często właśnie w ten sposób prezentujemy statystyki: po prostu wyświetlamy nuty, a nie odtwarzamy muzyki [tłum. własne]” [Cooley, 2019]. Według niego umiejętności wizualne (*data literacy*) to muzyka, to strategiczne połączenie nut w melodię. Myślenie o umiejętnościach wizualnych w ten sposób pozwala łączyć nuty (dane) w spójną piosenkę (informacje). Dane budują wgląd, który może tworzyć narrację, a narracje są tym, co tworzy historię opartą na danych.

Wizualizacje nadają znaczenie informacjom. Często od jakości i sposobu przekazywanych informacji menadżerom zależy trafność podejmowanych przez nich decyzji. Od sposobu wizualizacji zależy szybkość i skuteczność analizowania danych, prezentowania wyników i wniosków. Stworzenie dobrej, czytelnej wizualizacji nie jest proste. Oczywiście analitycy mogą uruchamiać zapytania lub pisać formuły, aby uzyskać odpowiedzi ze źródła danych, a następnie eksportować wyniki w postaci określonych grafik. Jednakże dzięki wizualizacji dane są eksplorowane w bogatszy i bardziej przejrzysty sposób. Daje to możliwość zwrócenia uwagi na dane pod takim kątem, który nie był brany pod uwagę wcześniej. W efekcie można uzyskać dodatkowe informacje zwrotne. To, w jaki sposób wizualizacje danych są kodowane, np. według koloru, kształtu i rozmiaru, ma znaczenie dla lepszego przedstawiania ich wartości odbiorcom. W związku z tym należy odpowiednio formatować wizualizacje, aby jak najlepiej przekazać wyniki i zachęcić innych do zgłębiania wiedzy w danym temacie.

Dla użytkowników biznesowych i analityków danych, którzy szukają wartości odstających, trendów i przeprowadzają analizy eksploracyjne, wbudowane narzędzia, które obsługują analizy ad hoc, stają się coraz ważniejsze. Wizualizacja przedstawia dane pasywnie, przekazując tylko jedną historię. Jednak dzięki postępowi w zakresie mocy obliczeniowej, dostępności danych z różnych źródeł i rozpowszechnieniu się samoobsługowych narzędzi do analizy istnieje możliwość odpowiadania na pytania w czasie rzeczywistym, a następnie dzielenia się interaktywnymi wynikami z innymi, przyspieszając i poprawiając w ten sposób jakość komunikacji, i wspólnego podejmowania decyzji na podstawie danych.

Na rynku istnieje wiele narzędzi do analizy danych i wizualizacji, np. Tableau, Qlik, Power BI itd., które umożliwią analitykom biznesowym pracę z danymi bez angażowania wyspecjalizowanych pracowników działów ICT, czyli w modelu samoobsługowym. Dzięki interaktywnym wizualizacjom i pulpitom nawigacyjnym, które usprawniają zrozumienie danych i analizę, decydenci będą mogli podejmować lepsze decyzje. Te działania, które kiedyś zajmowały dni i tygodnie, aby odkryć wiedzę, dziś mogą zająć kilka minut, a i zasięg ich oddziaływania jest większy.

Wnioski

Dane opisujące wydarzenia w organizacji zawsze wymagają odpowiedniego zarządzania. Aby organizacje mogły efektywnie budować potencjał, osiągać cele i wewnętrzne korzyści, podnosić wydajność oraz jakość dostarczanych produktów i usług, muszą wykorzystywać dane i informacje w procesach podejmowania decyzji zarządczych. Zdolność do ich podejmowania jest możliwa dzięki wnikliwej diagnozie sytuacji i analizie wysokiej jakości danych pochodzących z wnętrza i z otoczenia organizacji. Pomocne w tym względzie są nowoczesne technologie informatyczne, a w szczególności te umożliwiające realizację zadań w modelu samoobsługowym w analizie biznesowej. Przedstawione w rozdziale etapy pracy analityka biznesowego, realizowane zadania i przykładowe narzędzia wspierające odzwierciedlają nowoczesne podejście do przebiegu jego pracy. W ostatnich latach użytkownicy biznesowi w istotny sposób przekształcili swoje relacje z zespołami ICT w świecie analizy danych. Było to wynikiem z jednej strony wzrostu wiedzy i umiejętności, a z drugiej strategicznej odpowiedzi lub taktycznego dostosowania wynikającego z łatwego dostępu do zróżnicowanych technologii ICT [Skambraks, 2023].

Analitycy biznesowi mogą przyjąć model samoobsługowej analizy biznesowej, który jest możliwy do realizacji dzięki nowej generacji narzędzi do tworzenia infrastruktury danych i ich analizy – począwszy od narzędzi do pozyskiwania i przechowywania danych poprzez narzędzia umożliwiające przygotowanie danych po narzędzia do analizy poprzez wizualizację. Wdrożenie modelu samoobsługowego w analizie biznesowej usprawni zarządzanie organizacją, pozwoli na skrócenie czasu i zwiększenie wymiernych korzyści z tytułu dostępu do informacji oraz proaktywnego reagowania na pojawiające się zagrożenia w bieżącym funkcjonowaniu procesów głównych (obsługa zdarzeń), a także innych zasobów, które są niezbędne do ich realizacji (zasoby ludzkie, finansowe, rzeczowe). Zaprezentowane w rozdziale zagadnienia mają charakter teoretyczny. Mogą być punktem wyjścia do bardziej szczegółowych rozważań dotyczących faktycznej realizacji etapów w przepływie pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym, tj. znajdowania i zrozumienia pożądaných danych, dostarczania danych, przygotowywania danych oraz przeprowadzenia analiz i wizualizacji danych w organizacji. Mogą stanowić kierunki przyszłych badań nad doskonaleniem przepływu pracy analityka biznesowego w modelu samoobsługowym.

Literatura

- Abdallah Z.S., Du L., Webb G.I. (2017), *Data Preparation* [w:] *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*, Springer.
- Bekker A. (2019), *4 Types of Data Analytics to Improve Decision-Making*, <https://www.scnsoft.com/blog/4-types-of-data-analytics> (dostęp: kwiecień 2024).
- Białowąs R. (2021), *ML i przetwarzanie danych*, <https://radekbialowas.pl/przekształcenie-boxa-coxa-box-cox-transformation/> (dostęp: marzec 2024).
- Bień J. (2022), *Uczenie maszynowe: matematyczna transformacja danych*, <https://ekordo.pl/uczenie-maszynowe-matematyczna-transformacja-danych/> (dostęp: kwiecień 2024).
- Buśłowska E. (2012), *Bezpieczeństwo baz danych*, CEON Biblioteka Nauki, Warszawa.
- Cooley B. (2019), *Why Visual Literacy is Essential to Good Data Visualization*, <https://medium.com/data-science/why-visual-literacy-is-essential-to-good-data-visualization-5b9dff5aa6f> (dostęp: kwiecień 2024).
- Elmasri R., Natvathe S.B. (2019), *Wprowadzenie do systemów baz danych*, Helion, Gliwice.
- Fleckenstein M., Fellows L. (2018), *Data Analytics* [w:] M. Fleckenstein, L. Fellows (eds.), *Modern Data Strategy*, Springer, s. 133-142.
- Gontar B. (2019), *Zarządzanie danymi w organizacji*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Gorelik A. (2019), *Korporacyjne jezioro danych. Wykorzystaj potencjał big data w swojej organizacji*, Helion, Gliwice.
- Grzyb M., Woźniak-Zapór M. (2023), *Bezpieczeństwo danych w małej firmie – wybór rozwiązań chmurowych*, „Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka”, vol. LIII (4), s. 129-141.
- Ilyas I.F., Chu X. (2019), *Data Cleaning*, Association for Computing Machinery, New York.
- Jajuga K., Walesiak M., red. (2018), *Klasyfikacja i analiza danych: teoria i zastosowania*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Kadzinets D. (2022), *Data Steward. Sylwetka menadżera danych w świetle zapotrzebowania pracodawców*, Rękopis, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Kraków.
- Kafel P. (2017), *Integracja systemów zarządzania: trendy, zastosowania, kierunki doskonalenia*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
- Kaswan K.S., Baliya A., Dhattewal J.S., Kaiwartya O.P. (2023), *Big Data Analytics for Human-Computer Interactions: A New Era of Computation*, Bentham Science Publishers Ltd., Singapore.
- Kilijański W. (2015), *Wizualizacja danych na usługach controllera*, „Controlling”, nr 38, s. 46-54.
- Kisielnicki J. (2013), *Systemy informatyczne zarządzania*, Placet, Warszawa.

- Lawton G. (2024), *18 top data catalog software tools to consider using in 2024*, <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/feature/16-top-data-catalog-software-tools-to-consider-using> (dostęp: maj 2024).
- Malinowski P., Ćwieląg T., Słomiany P. (2016), *Systemy typu Data Discovery w praktyce funkcjonowania przedsiębiorstwa komunalnego*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Rachunkowość i Controlling”, nr 440, s. 411-419.
- Matzen L.E., Haass M.J., Divis K.M., Wang Z., Wilson A.T. (2017), *Data Visualization Saliency Model: A Tool for Evaluating Abstract Data Visualizations*, IEEE VIS, <https://ieeexplore.ieee.org/> (dostęp: 12.05.2020).
- Migdał-Najman K., Najman K. (2018), *Profilowanie, oczyszczanie i zapobieganie powstawaniu dirty data Dirty*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Taksonomia”, nr 508(21), s. 146-156.
- Navlani A., Fandango A., Idris I. (2022), *Python i praca z danymi. Przetwarzanie, analiza, modelowanie i wizualizacja*, Helion, Gliwice.
- North S., Obeidat M., North M., Richardson R., Rattanak V. (2015), *Business Intelligence Technology, Applications, and Trends*, „International Management Review”, Vol. 11(2), s. 47-56.
- Palonka J. (2021), *Doskonalenie wykorzystania danych w organizacjach non profit*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice.
- PBSG (2022), *Zastosowanie prawa Benforda w analizie danych*, <https://www.pbsg.pl/zastosowanie-prawa-benforda-w-analizie-danych/> (dostęp: maj 2024).
- Pelikant A. (2021), *Hurtownie danych. Od przetwarzania analitycznego do raportowania*, Helion, Gliwice.
- Polaczek T. (2013), *Audyt bezpieczeństwa informacji w praktyce*, Helion, Gliwice.
- Provost F., Fawcett T. (2019), *Analiza danych w biznesie. Sztuka podejmowania skutecznych decyzji*, Helion, Gliwice.
- Racka K. (2016), *Big Data – znaczenie, zastosowania i rozwiązania technologiczne*, „Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku. Nauki Ekonomiczne”, nr 1(23), s. 311-323.
- Rodriguez E. (2017), *About the Analytics Process* [w:] E. Rodriguez (ed.), *The Analytics Process. Strategic and Tactical Steps*, CRC Press Taylor & Francis Group, s. 3-52.
- Samitsch C. (2015), *Data Quality and its Impacts on Decision-Making*, Springer, Fachmedien Wiesbaden.
- Silver N., Baena D. (2012), *Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die*, John Wiley & Sons.
- Skambraks T. (2023), *Tally Sticks as Media of Knowledge in the Contexts of Medieval Economic and Administrative History* [w:] *The Knowledge Economy: Innovation, Productivity and Economic Growth*, Firenze University Press, Florence.
- Stodder D. (2016), *Improving Data Preparation for Business Analytics. Applying Technologies and Methods for Establishing Trusted Data Assets for More Productive Users*, TDWI.

- Śmiałkowska B. (2015), *Wspomaganie procesów oceny i wyboru strategii firmy za pomocą adaptacyjnej hurtowni danych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia Informatica”, nr 878(38), s. 203-214.
- Taherdoost H. (2022), *Different Types of Data Analysis; Data Analysis Methods and Techniques in Research Projects*, „International Journal of Academic Research in Management”, Vol. 9(1).
- Trajer J., Janaszek-Mańkowska M., Mańkowski D.R. (2016), *Komputerowa analiza danych w badaniach naukowych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Tucker A. (2019), *What is a Data Catalog and Why You Need One?* <https://www.ibmbigdatahub.com/> (dostęp: kwiecień 2024).
- Walczak W. (2012), *Czynniki i uwarunkowania wpływające na decyzje w zarządzaniu organizacją*, „E-mentor”, nr 3(45).
- Wolniak, R. (2023), *Deskryptywna analiza danych*, „Management & Quality/Zarządzanie i Jakość”, Vol. 5(2), s. 272-291.
- Zabroń M., Molga A. (2023), *Hurtownia danych jako element cyfrowej transformacji przedsiębiorstwa dla przemysłu 4.0*, „Dydaktyka Informatyki”, vol. 18(8), s. 164-175.
- Żytniewski M. (2004), *Koncepcje zastosowań metadanych w systemach informatycznych*, Systemy Wspomagania Organizacji SWO'2004, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, s. 387-394.

Witryny internetowe

- [www1] <https://businessinsider.com/pl/firmy/jak-wykorzystac-dane-w-biznesie/nh402xe> (dostęp: kwiecień 2024).
- [www2] <https://www.oracle.com/pl/database/what-is-data-management/> (dostęp: kwiecień 2024).
- [www3] <https://www.oracle.com/pl/security/database-security/what-is-data-security/> (dostęp: maj 2024).
- [www4] <https://norstat.co/pl/solutions/dashboards/a-researchers-guide-to-dashboards/> (dostęp: maj 2024).
- [www5] <https://learn.microsoft.com/pl-pl/fabric/data-activator/data-activator-get-data-real-time-dashboard> (dostęp: maj 2024).
- [www6] <https://pl.cloudity.digital/solutions/solutions-tableau/> (dostęp: maj 2024).
- [www7] <https://oracle.com/pl/a/ocom/docs/database/data-safe-infographic.pdf> (dostęp: maj 2024).
- [www8] <https://www.tableau.com/products/prep> (dostęp: maj 2024).

Reprezentowanie w BPMN czynności wykonywanych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji

Wprowadzenie

Wykorzystanie sztucznej inteligencji w zakresie szeroko pojętego zarządzania procesami biznesowymi można podzielić na dwa główne obszary. W pierwszym obszarze sztuczna inteligencja może zostać wykorzystana w zakresie ogólnego zarządzania procesami biznesowymi, usprawnienia samego zarządzania procesami biznesowymi, w tym np. identyfikacji procesów biznesowych, eksploracji procesów, symulacji, pomiaru efektywności, automatycznego modelowania itp. W węższym zakresie zastosowanie sztucznej inteligencji odnosi się do obszaru określanego jako automatyzacja i robotyzacja procesów biznesowych. Tak więc dotyczy wykonania procesu biznesowego z wykorzystaniem narzędzi sztucznej inteligencji.

O ile wyżej wspomniany pierwszy obszar znajduje się przede wszystkim jeszcze na poziomie badań, o tyle wykorzystanie narzędzi sztucznej inteligencji w zakresie robotyzacji procesów w odniesieniu do wykonywania poszczególnych czynności w procesie biznesowym jest szeroko stosowane w praktyce. Obecnie w wielu sytuacjach jako użytkownicy, np. jako klienci, możemy zetknąć się ze sztuczną inteligencją w zakresie obsługi kontaktów z klientami. I tym właśnie obszarem wykorzystania sztucznej inteligencji w zarządzaniu procesami biznesowymi zajmuje się niniejszy rozdział.

Obserwowana sytuacja uzasadnia pytanie czy standard modelowania procesów biznesowych mający już w aktualnej wersji kilkanaście lat odpowiada współczesnym potrzebom. Celem badania jest analiza notacji BPMN (Business Process Model and Notation), a w szczególności dwóch grup elementów:

- istniejących typów zadań pod kątem reprezentowania czynności wykonywanych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji,
- torów i basenów pod kątem reprezentowania systemów informatycznych wykorzystujących narzędzia sztucznej inteligencji.

Ponadto celem badania było rozważenie zasadności wprowadzenia rozszerzeń do notacji, pozwalających eksponować czynności w procesie wykonywane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Zaproponowano też sugestie dotyczące właściwego sposobu reprezentowania takich czynności. W analizie uwzględniono cele i specyficzne style tworzenia modeli wynikające z różnych poziomów modelowania procesów biznesowych: poglądowego (opisowego), analitycznego i wykonywalnego.

17.1. Wykorzystanie literatury

Badania literaturowe wykazały, że autorzy poruszający kwestie zastosowania narzędzi sztucznej inteligencji do realizacji procesów biznesowych skłaniają się w kierunku proponowania rozszerzeń notacji [Sato i in., 2021]. W opinii autora jest to raczej podejście nierokujące zastosowaniem praktycznym ze względu na konieczność dodania do diagramów wielu elementów graficznych, przez co skomplikowania i tak już bardzo złożonej notacji. Dlatego też w niniejszym rozdziale autor skłania się w kierunku analizy istniejących elementów notacji pod kątem ich użycia w kontekście zastosowań sztucznej inteligencji.

Należy zwrócić uwagę, że pomimo iż popularyzacja i wykorzystanie na szeroką skalę sztucznej inteligencji to domena ostatnich lat, to tak naprawdę badania, rozwój narzędzi i wdrożenia rozwiązań opartych na metodach sztucznej inteligencji do realizacji różnych czynności o charakterze biznesowym są obecne od kilkudziesięciu lat. Oczywiście mówimy tu nie o generatywnej sztucznej inteligencji, która obecnie przyciąga największą uwagę zarówno mediów, jak i naukowców, ale o wyspecjalizowanych narzędziach zaliczanych do sztucznej inteligencji wykorzystujących takie metody, jak systemy eksperckie (ekspertowe) czy sieci neuronowe. Przykładem badań naukowych prowadzonych w Polsce w tym obszarze na początku lat 90. XX wieku mogą być badania wykonane w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie pod kierownictwem Profesora Bogdana Stefanowicza [Czarnacka, 1993; Polak, 1993; Stefanowicz, 1993].

Istnieje wiele publikacji zarówno w języku polskim, jak i angielskim dotyczących standardu BPMN. W zasadzie wszystkie te książki i artykuły powinny być ze sobą zgodne w kwestii rozumienia i zastosowania standardu. Jednak w wielu przypadkach tak naprawdę istnieją pewne drobne różnice, a nawet pojawiają się niekiedy w niektórych publikacjach dość znaczące błędy [Polak, 2015]. Biorąc pod uwagę liczbę publikacji i ich wagę, rozważania dotyczące elementów standardu zostały oparte na publikacji wydanej przez Object Management Group definiującej sam standard [OMG, 2013] oraz na książce uzna-

wanej za najważniejszy podręcznik do modelowania w BPMN [Silver, 2011]. Oprócz tego, uwzględniono najlepszy, w opinii autora, podręcznik do BPMN w języku polskim autorstwa Zbigniewa Misiaka [2023].

Wspomniano już wcześniej, że notacja BPMN jest bardzo skomplikowana. Jednak ze względu na założenie stosowania jej zarówno w zarządzaniu procesami biznesowymi, jak i w celu szczegółowego specyfikowania procesów wykonywalnych przez systemy zarządzania procesami biznesowymi (BPMS – Business Process Management System) standard uwzględnia trzy podklasy poziomów zgodności modelowania procesów [OMG, 2013, s. 2]:

- poglądowy lub opisowy (Descriptive),
- analityczny (Analytic),
- wykonywalny (Common Executable).

Koncepcję tę rozwinął Silver, wyróżniając pierwszą i drugą podklasę (Level 1, Level 2) poziomu zgodności modelowania dla procesów niewykonywalnych i trzecią podklasę dla poziomu wykonywalnego [Silver, 2011, s. 15]. Do koncepcji Silvera odwołuje się także Zbigniew Misiak, który korzysta jednak z terminologii wprowadzonej przez standard [Misiak, 2013, s. 42]. Biorąc to pod uwagę, w niniejszym rozdziale stosowane jest odwołanie do wymienionych wyżej nazw podklas wprowadzonych w dokumencie opisującym standard [OMG, 2013, s. 2].

17.2. Typy zadań w BPMN

Wykorzystanie narzędzi sztucznej inteligencji może prowadzić do zmiany sposobu wykonania poszczególnych czynności w procesie biznesowym. Taka sytuacja nie wpływa w większości przypadków na przebieg procesu biznesowego, a jedynie na sposób wykonania poszczególnych czynności. Podobnie jak robotyzacja procesów zwykle nie wpływa na zmiany w przepływach sterowania prezentowanych na diagramach procesów biznesowych, a jedynie wpływa na sposób wykonania poszczególnych czynności.

W tej sytuacji elementem, który przede wszystkim może podlegać zmianie na diagramach opracowanych z wykorzystaniem BPMN, jest sposób wykonania zadania. Typy zadań mają bowiem na celu określenie sposobu realizacji poszczególnych czynności elementarnych w procesie. Oprócz tego, standard dopuszcza wykorzystanie tzw. typu abstrakcyjnego, który nie definiuje sposobu realizacji takiej czynności.

Standard BPMN wersji 2.0, a precyzyjnie rzecz ujmując obecnie jest to wersja o numerze 2.0.2 [OMG, 2013, s. 156-162] różniącą się w minimalnym

stopniu od wersji 2.0 opublikowanej w styczniu 2011 roku, wyróżnia 8 typów zadań: zadanie usługowe (Service Task), wysłania (Send Task), odebrania (Receive Task), użytkownika (User Task), manualne (Manual Task), skryptowe (Script Task) i reguła biznesowa (Business Rule Task). Reprezentacja graficzna poszczególnych typów zadań według standardu BPMN została przedstawiona na rys. 1.

Dzięki klasycznym metodom automatyzacji i robotyzacji procesów biznesowych czynności wykonywane przez człowieka samodzielnie lub z wykorzystaniem oprogramowania mogą być zastępowane czynnościami wykonującymi te same lub podobne funkcje, ale z wykorzystaniem wyłącznie oprogramowania. W efekcie w miejsce zadań manualnych lub zadań użytkownika mogą pojawić się zadania usługowe, skryptowe bądź reguła biznesowa. Podobnie skutkiem wprowadzenia metod sztucznej inteligencji może być zmiana typów zadań w procesie biznesowym. Aby określić jakiego rodzaju zmiany mogą to być, należy zrozumieć nie tylko znaczenie przypisane w standardzie poszczególnym typom zadań i propozycje ich praktycznego zastosowania, ale także cele i intencje przyświecające twórcom standardu w zakresie typów zadań.



Rys. 1. Typy zadań w notacji BPMN 2.0.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: OMG [2013, s. 156-162].

Zadanie usługowe reprezentuje czynność, która jest wykonywana całkowicie automatycznie bez najmniejszego udziału użytkownika. Nie może obejmować nawet pojedynczego kliknięcia przycisku na ekranie [Silver, 2011, s. 34]. Na poziomie wykonywalnym modelowania procesów zadanie usługowe ma bardziej sprecyzowane znaczenie, oznacza czynność, która nie jest wykonywana przez silnik procesowy, ale poprzez wywołanie usługi zgodnie z koncepcją architektury zorientowanej na usługi [Misiak, 2023, s. 80].

Zadanie użytkownika oznacza wykonanie czynności przez człowieka z wykorzystaniem oprogramowania [OMG, 2013, s. 160]. Przy czym proporcja między zaangażowaniem człowieka a czynnościami wykonywanymi przez system informatyczny nie ma tu znaczenia. Wystarczy, że w najmniejszym stopniu wykorzystywany jest system informatyczny lub, wręcz przeciwnie, działanie człowieka jest ograniczone np. do zaakceptowania efektów pracy oprogramowania poprzez przeczytanie informacji na ekranie i kliknięcie przycisku potwierdzenia.

Zadanie manualne jest czynnością wykonywaną bez pomocy silnika procesów biznesowych ani żadnej innej aplikacji [OMG, 2013, s. 161]. Niestety specyfikacja standardu dość skromnie opisuje specyfikę zadania manualnego [Misiak, 2023, s. 81], np. pomija go wśród wymienionych elementów notacji w odniesieniu do podklas poziomów zgodności modelowania procesów biznesowych [OMG, 2013, s. 2-8]. W związku z tym Silver [2011, s. 34] sugeruje, że zadanie manualne powinno być wykorzystane tylko na poziomie wykonywalnym, co znacznie odbiega od praktyki modelowania procesów w BPMN. Szczególną uwagę zwraca na to Misiak [2023, s. 81], zauważając, że na poziomie wykonywalnym zadanie manualne można interpretować jako zadanie niekoordynowane przez silnik procesowy, a więc wykonane przez człowieka z wykorzystaniem systemu komputerowego, niezależnie od systemu klasy BPMS.

Zadania wysłania i odebrania komunikatu to proste zadania polegające na wysłaniu komunikatu do zewnętrznego uczestnika i odebraniu od zewnętrznego uczestnika [OMG, 2013, s. 158-159].

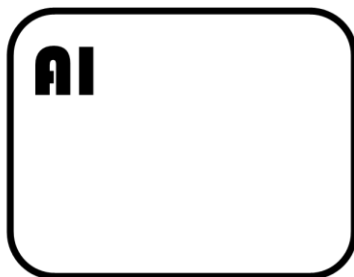
Zadanie skryptowe może być użyte wyłącznie w podklasie modelowania procesów na poziomie wykonywalnym i dotyczy czynności wykonywanej przez silnik procesowy, a nie poprzez wywoływanie usługi, jak w przypadku zadania usługowego [OMG, 2013, s. 162].

Zadanie typu reguła biznesowa także może być użyte tylko na poziomie wykonywalnym. Zapewnia mechanizm przekazania danych wejściowych do silnika reguł biznesowych i odebrania od niego wyników [OMG, 2013, s. 161]. Silver [2011, s. 35] zwraca uwagę, że zadanie to pozwala na przekazanie silnikowi reguł biznesowych podjęcia złożonej decyzji. Uważa też, że należy traktować je jako specyficzny rodzaj zadania usługowego.

Przedstawiona klasyfikacja zadań pokazuje, że koncepcja ta uwzględnia dwa wymiary. Pierwszy odnosi się do kwestii wykonywania czynności wyłącznie przez człowieka wykorzystującego oprogramowanie lub automatycznie przez same oprogramowanie. Drugi wymiar dotyczy kwestii kontrolowania wykonywania czynności przez silnik procesowy.

17.3. Wykorzystanie zadań do reprezentowania czynności wykonywanych przez sztuczną inteligencję

Modelując na poziomie poglądowym i analitycznym, należy pamiętać, że zawsze można wykorzystać zadania typu abstrakcyjnego do każdej czynności elementarnej i nie uwzględniać w żaden sposób specyfiki wykonania czynności przez sztuczną inteligencję. Z drugiej strony łatwo zrozumieć pokusę podkreślenia charakteru tego rodzaju czynności. Żaden z istniejących w standardzie typów zadań jednoznacznie nie może wskazać, że czynność wykonywana jest metodami sztucznej inteligencji. Odpowiedzią na tego rodzaju zapotrzebowanie byłoby stworzenie oddzielnego typu zadania sztucznej inteligencji (Artificial Intelligence Task) o przykładowej reprezentacji graficznej przedstawionej na rys. 2. Jednak nie wydaje się prawdopodobne, żeby twórcy standardu znaleźli uzasadnienie dla dodania tego typu zadania i dokonali tego rodzaju zmiany.



Rys. 2. Propozycja graficznej reprezentacji zadania sztucznej inteligencji w notacji BPMN

Źródło: Opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę istniejące typy zadań i jednocześnie sposoby wykorzystania sztucznej inteligencji, a także możliwe kierunki jej dalszego rozwoju, różne typy zadań mogą mieć zastosowanie do reprezentowania takich czynności. Modelując na poziomie poglądowym i analitycznym, można użyć zadania usługowego, jeśli narzędzie sztucznej inteligencji wykonuje czynność samodzielnie bez udziału człowieka. Jeśli natomiast użytkownik wchodzi w interakcję ze sztuczną inteli-

gencją, np. korzystając z tzw. chatbota, to można by wykorzystać zadanie użytkownika. Należy zwrócić uwagę, że dotyczy to tylko pracownika w roli wewnętrzzorganizacyjnej, a więc nie dotyczy sytuacji komunikowania się chatbota z zewnątrz, np. klientem. Złożona interakcja nie może też być reprezentowana poprzez zadania wysłania i odebrania, odnoszą się one bowiem wyłącznie do pojedynczych komunikatów. Oczywiście zadania użytkownika i usługowe mogą wysyłać komunikaty na zewnątrz, wydaje się jednak, że interpretacja wykorzystania ich w ten sposób do reprezentowania czynności wykonywanej przez sztuczną inteligencję może być niejednoznaczna w interpretacji. Dlatego skłaniałbym się do użycia w omawianej sytuacji zadań abstrakcyjnych.

Natomiast w przypadku podklasy modelowania procesów na poziomie wykonywalnym interesujące możliwości daje zadanie typu „reguła biznesowa”. W tej sytuacji niezależny system informatyczny może zrealizować złożony proces decyzyjny, wykorzystując metody sztucznej inteligencji, i w efekcie przekazywać silnikowi procesów jego rezultaty. Wykorzystanie zadania „reguła biznesowa” może w tym kontekście dotyczyć nie tylko współcześnie rozwijanych metod sztucznej inteligencji, ale też systemów opartych na starszych metodach, jak systemy eksperckie czy sieci neuronowe.

17.4. Zastosowanie basenów i torów do reprezentowania systemów informatycznych wykorzystujących sztuczną inteligencję

Tory pływackie (*swimlanes*) są graficznymi elementami pozwalającymi separować i grupować czynności. Dzielą się na dwie kategorie: baseny i tory.

Baseny (*pools*) służą do graficznego reprezentowania na diagramie uczestnika. Uczestnikiem może być konkretny partner, np. organizacja, albo rola partnera, np. klient lub dostawca [OMG, 2013, s. 111-116]. Niestety często można zobaczyć inne interpretacje basenu, prawdopodobnie spowodowane uwagami zamieszczonymi przez Silvera [2011, s. 47]. Takie podejście jest całkowicie niezgodne ze standardem. Może wynikać z jego bardzo wczesnej interpretacji pojawiającej się po ukazaniu się wersji 2.0 w 2011 roku, a powstałej pod wpływem zmienionej definicji pojęcia basenu wobec wcześniejszych wersji BPMN. Obecnie dominuje jednak podejście, które rekomenduje stosowanie basenu do reprezentowania całej organizacji [Misiak, 2023, s. 107].

Tory (*lanes*) są obiektami graficznymi, na które może dzielić się basen. Tory pozwalają grupować czynności w procesie w dowolny sposób. Standard BPMN

Wnioski

Dodanie nowego typu zadań do reprezentowania czynności wykonywanej za pomocą narzędzi sztucznej inteligencji może być bardzo atrakcyjne dla celów prezentacyjnych, dzięki jednoznaczemu i widocznemu przedstawieniu na diagramie użycia sztucznej inteligencji w robotyzacji procesu biznesowego. W takim wypadku użycie tego typu rozwiązania miałoby sens już na poziomie pogładowym modelowania procesów. Nie należy jednak oczekiwać wprowadzenia takiej zmiany do standardu.

Natomiast znacznie mniej przekonujące jest uzasadnienie merytoryczne dla wprowadzenia nowego typu zadań na poziomie wykonywalnym. Ze względu na możliwy bardzo różny charakter czynności wykonywanych za pomocą sztucznej inteligencji, zastosowanie mogą mieć zarówno zadania usługowe w sytuacji, gdy narzędzie sztucznej inteligencji jest wywoływane poprzez wywołanie usługi, jak też zadanie użytkownika, jeśli narzędzie sztucznej inteligencji jest wykorzystywane w formie konwersacji z pracownikiem firmy. Przyjmując też, że zadania sztucznej inteligencji miałyby zastosowanie w podejmowaniu złożonych decyzji, uzasadnienie ma użycie zadań typu „reguła biznesowa”. Tak więc w podklasie modelowania na poziomie wykonywalnym, w zależności od charakteru, czynności wykonywane z użyciem metod sztucznej inteligencji mogą być reprezentowane przez trzy typy zadań: usługowe, użytkownika i reguła biznesowa.

Niewątpliwie najprostsze i niewzbudzające wątpliwości odnośnie do zgodności ze standardem jest użycie toru do reprezentowania rozbudowanego systemu sztucznej inteligencji i umieszczenia w nim wielu czynności wykonywanych w procesie przez taki system. Rozwój sztucznej inteligencji pozwala już w tej chwili konstruować systemy, w których może ona całkowicie zastąpić cały dział, np. dział obsługi klienta, call center itp.

Trudno oceniać kierunki rozwoju i przyszłe zastosowania sztucznej inteligencji, biorąc pod uwagę niezwykle szybkie postępy obserwowane obecnie w tej dziedzinie. Dlatego też kontynuacja badań prezentowanych w tym rozdziale powinna przede wszystkim polegać na rewizji przedstawionych tu wniosków, uwzględniając przyszłe trendy i zastosowania sztucznej inteligencji w zarządzaniu procesami biznesowymi.

Literatura

- Czarnacka B. (1993), *Systemy ekspertowe w projektowaniu systemów informatycznych* [w:] B. Stefanowicz (red.), *Wybrane zagadnienia współczesnej informatyki*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, s. 7-26.
- Misiak Z. (2023), *Modelowanie procesów biznesowych. BPMN 2.0 od podstaw*, Helion-Onepress, Gliwice.

- OMG (2013), *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2*, Object Management Group.
- Polak D. (1993), *Koncepcja systemu informatycznego automatycznej dekretacji dokumentów* [w:] B. Stefanowicz (red.), *Wybrane zagadnienia współczesnej informatyki*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, s. 80-90.
- Polak P. (2015), *Błędy w zastosowaniach BPMN w różnych aspektach zarządzania procesami biznesowymi*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia Informatica”, nr 878(38), s. 105-117.
- Sato R., Nakamura M., Takada A., Yamagoe K. (2021), *Bayesian Network Equipped Workflow Engine to Coordinate Artificial Intelligence for Automating Network Operation*, „IEICE Proceedings Series”, Vol. 67, s. 172-177.
- Silver B. (2011), *BPMN Method and Style: Second Edition: with BPMN Implementer's Guide*, Cody-Cassidy Press, Aptos.
- Stefanowicz B. (1993), *Metody sztucznej inteligencji i systemy eksperckie*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa.

Wprowadzenie do Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) w organizacji zarządzanej procesowo

Wprowadzenie

W dzisiejszym zglobalizowanym świecie, gdzie przepływ informacji jest nieustanny, a dane stanowią kluczowy zasób dla organizacji, zarządzanie bezpieczeństwem informacji staje się priorytetem. W coraz większym tempie przebiega cyfryzacja zasobów związanych z realizacją procesów biznesowych w organizacji. Cyfryzacja dotyczy procesów realizowanych przez organizację i jej otoczenie, np. przepływu towarów i usług oraz związanej z tym wymiany informacji. Dla usprawnienia obiegu informacji coraz większy wolumen danych podlega przeniesieniu do przestrzeni cyfrowej. Usprawnienie przepływu informacji daje organizacji szanse wzmocnienia konkurencyjności na rynku. W takich okolicznościach bezpieczeństwo informacji stanowi bardzo ważny obszar funkcjonowania organizacji. Realizowane przez organizację procesy różnią się od siebie. Przemieszczanie towarów z miejsca produkcji do miejsca konsumpcji, stany magazynowe, trasy transportowe oraz dane klientów firmy są widoczne, namacalne, można je wycenić. Natomiast w przypadku przepływu informacji proces ten nie jest fizycznie widoczny. W przestrzeni cyfrowej obie te grupy są reprezentowane w podobny sposób. Wspomaganie zarządzania informacją jest niezwykle ważne, ponieważ efektywność systemu informacyjnego ma duży wpływ na sukces każdego przedsiębiorstwa. Szczególna troska o bezpieczeństwo informacji oraz technologii informatyczno-komunikacyjnych wspomagających realizację procesów w organizacji staje się więc priorytetem i nadrzędnym celem. Firmy, które zdają sobie sprawę z kluczowego znaczenia bezpieczeństwa i ochrony informacji w realizacji swoich działań, a także chcą wzmacniać swoją konkurencyjność na rynku, starają się wdrażać i utrzymywać jak najlepsze rozwiązania w tym zakresie. Dla współczesnych organizacji wykorzystanie wszelkich dostępnych

technologii informatycznych do wsparcia realizowanych procesów biznesowych stało się koniecznością. Priorytetem stało się również przeniesienie części działań do przestrzeni cyfrowej. Wiąże się to niestety z większą ilością zagrożeń, na które narażona jest organizacja. W ten sposób pojawia się potrzeba wdrożenia i utrzymania narzędzi pozwalających na sprawne zarządzanie ryzykiem w organizacjach. W takich okolicznościach niezwykle ważne staje się wdrożenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) zgodnego z normą ISO/IEC 27001, który może w dużym stopniu przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i efektywności operacyjnej firmy.

Celem niniejszego rozdziału jest zbadanie wpływu jaki ma wdrożenie Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) zgodnych z normą PN-EN ISO/IEC 27001 na poprawę efektywności i bezpieczeństwa operacyjnego organizacji.

Zaproponowane zostało rozwiązanie oparte na wdrożeniu w Organizacji Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji zgodnych z normą ISO: PN-EN ISO/IEC 27001:2023. Zamieszczono także podstawowe informacje na temat wybranych standardów i norm aktualnie uznawanych za wiodące.

18.1. Wspieranie i doskonalenie procesów biznesowych w organizacji

We współczesnej rzeczywistości biznesowej komputery i Internet są wszechobecne. Pracujemy przy komputerach w ramach naszego zatrudnienia w miejscu pracy lub zdalnie, biorąc udział w spotkaniach online, używamy komputerów do prowadzenia badań naukowych, czy rozrywki, do robienia zakupów internetowych zarówno prywatnych, jak i biznesowych, korzystamy z bankowości elektronicznej, wchodzimy za pomocą sieci komputerowych w interakcje nie tylko biznesowe, ale także i społeczne. Obecnie cyberprzestrzeń staje się podstawowym środowiskiem zarówno codziennego życia, jak i realizacji procesów biznesowych. Coraz więcej procesów realizowanych w organizacji jest automatyzowanych i przenoszonych do cyberprzestrzeni. Praktycznie z każdego miejsca na ziemi, a nawet poza nią, np. podczas lotu samolotem, wszędzie tam, gdzie się znajdziemy, konsekwentnie wykorzystujemy nowoczesne technologie cyfrowe. Dużym uznaniem cieszą się również systemy komunikacyjne i systemy teleinformatyczne zapewniające zarówno łączność przewodową, bezprzewodową i satelitarną. Realizacje procesów biznesowych w organizacji wspomaga współcześnie wiele urządzeń, począwszy od komputerów stacjonarnych, poprzez przenośne,

aż po wszelkiego rodzaju handheldy, tablety czy smartfony, smartwatche itd. Właściwie prawie wszystkie realizowane przez nas działania wymagają mniej-szej lub większej interakcji z urządzeniem podłączonym do sieci teleinforma-tycznej. Coraz częściej mówimy także o Internecie rzeczy, w którym otaczają nas mniej lub bardziej zaawansowane urządzenia komunikujące się z nami i same ze sobą poprzez sieci teleinformatyczne.

Nie należy także zapominać o zyskującej coraz większą popularność, mniej lub bardziej zaawansowanej sztucznej inteligencji. W dzisiejszych czasach nikogo już nie dziwi Internet rzeczy (IOT – Internet of things) wykorzystujący wszel-kiego rodzaju inteligentne urządzenia, takie jak: żarówki, domy, reklamy, samo-chody, systemy sterowania ruchem. Producenci wprowadzają na rynek inteligentne samochody, sprzęty codziennego użytku, maszyny oraz inteligentne programy. W coraz większej ilości urządzeń zaszywane są moduły oparte na uczeniu ma-szynowym, czy sieciach neuronowych, ale także korzystające z baz wiedzy, czy inteligentnych agentów softwarowych. Przykładowo sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu wsparta kamerami, pętlami indukcyjnymi i innymi czujnikami, potrzebuje zaledwie kilku cykli zmiany świateł, aby się nauczyć i przystosować do zmieniającego się natężenia ruchu, a potem autonomicznie kierować ruchem.

Aby utrzymać swą pozycję na rynku, współczesne organizacje nieustannie podejmują działania mające na celu samodoskonalenie realizowanych procesów. W tym celu poszukują coraz bardziej efektywnych rozwiązań i narzędzi poma-gających osiągnąć określoną pozycję na rynku i utrzymać ją w obliczu gwałtownie rozwijającej się konkurencji. Wraz z wciąż doskonalonymi i ewoluującymi procesami biznesowymi i organizacyjnymi, ciągłym przemianom ulega także zaplecze programowe i sprzętowe wspierające ich realizację. Niezbędne staje się coraz szersze wykorzystywanie nowoczesnych i coraz bardziej efektywnych technologii informatycznych. Jednym z wymogów, które muszą zostać spełnio-ne dla zachowania przewagi konkurencyjnej, jest stworzenie i utrzymanie wa-runków pozwalających na przenoszenie poszczególnych aspektów działalności biznesowej organizacji do cyberprzestrzeni. Powstają w ten sposób nowe, nie-spotykane dotąd innowacyjne formy prowadzenia działalności zorganizowanej w różnych sferach ludzkiej aktywności. Każda współczesna organizacja jest w pewnym określonym stopniu wirtualna. Współczesna technologia informacyj-na stwarza warunki i zapewnia środowisko umożliwiające posługiwanie się zin-tegrowanymi rozwiązaniami obejmującymi komponenty oparte na funkcjonal-ności zapewnianej przez lokalne i globalne sieci teleinformatyczne, zwłaszcza dominujące na rynku szerokopasmowe technologie internetowe. Niezaprzeczal-ną korzyścią płynącą z szybkiej przewodowej i bezprzewodowej komunikacji jest zapewnienie dostępu w czasie rzeczywistym bądź zbliżonym do rzeczywi-

stego do rozproszonych zbiorów danych. Dzięki wspieraniu niezawodnej komunikacji i szybkiego transferu ogromnych porcji danych coraz częściej możliwe jest zastosowanie nowoczesnych, bardziej interaktywnych narzędzi.

Wykorzystanie zaawansowanych narzędzi sztucznej inteligencji, technologii agentowych, sprzętowej i programowej wirtualizacji zasobów i wielu innych pozwala na usprawnienie realizowania coraz większej ilości zachodzących w organizacjach procesów. Wciąż powiększający się wolumen wykorzystywanych przez organizację narzędzi softwarowych wymaga zapewnienia środowiska sprzętowego, dostarczającego zasobów niezbędnych do ich niezakłóconego i bezpiecznego uruchamiania. Wraz z rozwojem funkcjonalności dostarczanych przez współczesne aplikacje programowe, rośnie także ich zapotrzebowanie na moc obliczeniową, pamięć operacyjną i inne zasoby sprzętowe. Z drugiej jednak strony konieczne jest sprawne zarządzanie i optymalizacja wykorzystania posiadanych zasobów sprzętowych, tak aby aplikacje dostawały do wykorzystania tylko niezbędne zasoby.

Niestety coraz bardziej oczywistym staje się fakt, że im więcej nowoczesnych rozwiązań technologicznych, tym trudniej nad nimi zapanować. Choć zaawansowana technologia pozwala pracownikom współczesnych organizacji sprawnie realizować powierzone im procesy biznesowe, pomaga być coraz bardziej wydajnymi i produktywnymi dzięki dostępowi do masy informacji jednym kliknięciem myszy, niesie też niestety ze sobą wiele problemów związanych z bezpieczeństwem.

Ponieważ stosowane przez cyberprzestępców metody i narzędzia są nieustannie rozwijane, istnieje prawdopodobieństwo, iż wykorzystywana do dostępu do wymaganych informacji infrastruktura techniczna czy też systemy informatyczne zostaną niewłaściwie skonfigurowane lub w ich mechanizmach obronnych znajdą się luki, które zostaną wykorzystane do uzyskania nieuprawnionego dostępu do zasobów organizacji. Nie tylko uzyskanie dostępu do zasobów organizacji przez nieuprawnione osoby, ale także jakiegokolwiek inne zakłócenie pracy funkcjonujących w niej systemów, uczynienie ich w ten, czy inny sposób niedostępnymi lub niezaufanymi, może przynieść użytkownikom katastrofalne skutki. Problemem niekoniecznie musi być bezpośrednia strata finansowa czy utrata innych materialnych zasobów, ale także, a raczej przede wszystkim utrata zasobów wirtualnych czy też niematerialnych, takich jak tożsamość czy reputacja pracownika lub całej organizacji. Przejęcie kontroli nad zasobami organizacji przez osoby lub systemy nieuprawnione może prowadzić do zakłócenia funkcjonowania realizowanych procesów biznesowych, postawienia oskarżeń związanych z nieoczekiwanymi zachowaniami systemu, obciążenia karami regulacyjnymi lub utraty zaufania i lojalności klientów.

18.2. Organizacja zarządzana procesowo

Strategia zarządzania, jaką jest zarządzanie procesowe, skupia się na optymalizacji wszelkich działań organizacji, koncentrując się na zachodzących w niej procesach. Polega to przede wszystkim na identyfikacji, analizie, projektowaniu, monitorowaniu oraz stałym doskonaleniu procesów w taki sposób, by uzyskać coraz lepsze wyniki biznesowe. W takim ujęciu organizacja jest traktowana systemowo jako zbiór powiązanych ze sobą procesów, a nie oddzielne funkcje w niej zachodzące [www1].

Funkcjonowanie organizacji zarządzanej procesowo determinuje orientacja na przebiegające w niej procesy biznesowe, a nie na funkcjonowanie pionów czy poszczególnych jednostek organizacyjnych [Billewicz, 2012]. Zarządzanie procesami biznesowymi opiera się na założeniu, że każdy efekt działania organizacji jest następstwem sekwencji wielu działań zwanych procesami.

Pojęcie procesu biznesowego wywodzi się z obszaru zarządzania przedsiębiorstwem. Oznacza ono serię powiązanych ze sobą działań bądź też zadań, prowadzących do osiągnięcia zamierzonego efektu bądź rozwiązania problemu. Wdrożenie procesu biznesowego wymaga zastosowania kilku elementów, dzięki którym może on pełnić swą podstawową funkcję. Do podstawowych oczekiwań stawianych podczas definiowania procesów biznesowych w organizacji należą:

- wymóg zdefiniowania (określone powinny być granice, zakres, punkt wyjścia oraz cel),
- uporządkowanie (proces zawiera sekwencję lub iterację mniej lub bardziej złożonych działań jasno uporządkowanych względem siebie w czasie i przestrzeni),
- ukierunkowanie na klienta (końcowy odbiorca rezultatu działań procesu biznesowego; klient może być wewnętrzny bądź zewnętrzny, może nim być także inny proces),
- osadzenie w biznesowej rzeczywistości danej organizacji,
- umożliwienie zwiększenia wartości któregoś z zasobów,
- od procesów biznesowych w organizacji oczekuje się także niejednokrotnie, lecz nieobowiązkowo wielofunkcyjności.

Poszczególne procesy realizowane przez organizację powinny się wpisywać w jej model biznesowy. Pozwala to zapewnić porządek we wszelkich procedurach, biorąc przy tym pod uwagę ewentualność pojawienia się różnego rodzaju zagrożeń, co jest szczególnie ważne podczas interakcji z dynamicznie zmieniającym się otoczeniem. Integracja poszczególnych procesów biznesowych z modelem organizacji nie jest prosta, jednak może wspierać zwiększenie efektywności oraz wydajności pracy w organizacji.

Organizacje zarządzane procesowo nie są wyjątkiem i podobnie do pozostałych zmagają się z procesem ciągłych zmian. Uwarunkowania funkcjonowania organizacji w dynamicznie zmieniających się warunkach mają m.in. charakter techniczny, prawny oraz ekonomiczny.

Uwarunkowania techniczne związane są przede wszystkim z procesem doskonalenia infrastruktury w zakresie zwiększenia sprawności czynników wytwórczych, poprawienia bezpieczeństwa eksploatacji oraz zmniejszenia skali negatywnego oddziaływania na otoczenie. Zmieniające się uwarunkowania prawne mogą dotyczyć zgodności z obowiązującymi normami i w tym kontekście wymuszać określone kroki w kierunku modernizacji technicznej. Zmiany o charakterze ekonomicznym mają na ogół związek z zasobami mającymi za zadanie zapewnienie funkcjonowania wspieranych procesów.

Duża dynamika otoczenia gospodarczego organizacji wymusza konieczność usprawnienia funkcjonowania organizacji, by osiągnąć większą sprawność procesów biznesowych i decyzyjnych poprzez stosowanie rozwiązań wspierających realizację procesów w dynamicznym środowisku. Przykładowo w ujęciu zasobowym duży wpływ mogą mieć koszty zapewnienia niezbędnych zasobów czy ceny poszczególnych usług wewnętrznych i zewnętrznych. W przedsiębiorstwach zorientowanych procesowo szczególną rolę odgrywają menedżerowie procesów i to oni powinni być właściwie dobrani, mieć do dyspozycji niezbędne zasoby i być wspierani przy pomocy wszystkich dostępnych technologii i rozwiązań.

Konkurujące ze sobą firmy, chcąc uzyskać przewagę nad rywalami, dążą do indywidualizacji, unikalności, chcą się wyróżniać i być rozpoznawalne. Jednocześnie dążą do standardów, chcą posiadać tytuły, certyfikaty, sformalizowane procedury itp. Uwarunkowania prawne, kontraktowe lub rynkowe mogą wykreować potrzebę wdrożenia certyfikowanych systemów zarządzania. Szczególnie duże organizacje wdrażają procedury, instrukcje, przepisy wewnętrzne, uzyskują certyfikaty ISO zapewniające pełną i stale kontrolowaną powtarzalność procesów. Jednak na skutek tego często tracą zdolność do szybkich zmian, nie wspominając nawet o reakcji na indywidualne potrzeby klientów.

Podstawą funkcjonowania nowoczesnych organizacji jest ich usieciowienie, wykorzystanie sieci teleinformatycznych i przynajmniej częściowe przeniesienie realizacji procesów biznesowych do cyberprzestrzeni. Ma to zarówno swoje dobre, jak i złe strony. Z jednej strony takie wsparcie procesów umożliwia dostęp do nich w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego z praktycznie dowolnego miejsca, z drugiej zaś strony takie wsparcie wymaga lepszych zabezpieczeń.

Termin „cyberprzestrzeń” pojawił się w latach 80. ubiegłego wieku (1984) w dziełach amerykańskiego pisarza Williama Gibsona i oznaczał świat nume-

rycznych sieci, traktowanych jako pole bitwy, na którym ścierają się światowe koncerny [Gibson, 1984]. Obecnie nie istnieje jedna, powszechnie obowiązująca definicja cyberprzestrzeni. Przykładowa definicja określa cyberprzestrzeń jako „przestrzeń otwartego komunikowania się za pośrednictwem połączonych komputerów i pamięci informatycznych, pracujących na całym świecie” [Jaroszevska, 2017, s. 5]. Oficjalna definicja używana przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji określa cyberprzestrzeń jako „cyfrową przestrzeń przetwarzania i wymiany informacji tworzoną przez systemy i sieci teleinformatyczne wraz z powiązaniem pomiędzy nimi oraz relacjami z użytkownikami” [MSWiA, 2010]. Cyberprzestrzeń definiowana jest także jako wirtualna przestrzeń stworzona przez połączone sieci komputerowe, w której odbywa się interakcja i wymiana danych. Istotnym z punktu widzenia bezpieczeństwa, realizowanym ze wsparciem przestrzeni cyfrowej, elementem wskazanym w tej definicji jest czynnik ludzki. W kontekście bezpieczeństwa cyberprzestrzeń obejmuje nie tylko fizyczną infrastrukturę technologiczną, taką jak serwery, kable i komputery, ale również cyfrowe zasoby danych, oprogramowanie oraz użytkowników i ich interakcje w tym środowisku [Ottis, Lorents, 2011]. Przegląd definicji dotyczących zagadnień związanych z cyberprzestrzenią został zawarty w monografii Taczkowskiej-Olszewskiej, Chałubińskiej-Jentkiewicz i Nowikowskiej [2019].

Jedną z podstaw zapewnienia dostępu do możliwości, jakie we wspieraniu procesów biznesowych daje cyberprzestrzeń, są nowoczesne technologie komunikacyjne. Uniwersalne protokoły komunikacyjne dają możliwość komunikowania się ze sobą zarówno ludziom, jak i całkowicie bądź częściowo autonomicznym urządzeniom. Wykorzystywane technologie komunikacyjne zmieniają się w szybkim tempie, a ich rozwój napędzają coraz bardziej zaawansowane urządzenia konsumenckie. Nikogo nie dziwi już wizja „rozmawiających” ze sobą urządzeń, czy to żarówek, sprzętów AGD, RTV w domu użytkownika, samochodów, pociągów i innych środków komunikacji w transporcie osób i towarów, czy wreszcie maszyn i urządzeń sterowanych cyfrowo, realizujących procesy biznesowe w zakładzie pracy. Wizja Internetu rzeczy nie jest już wytworem science fiction, tylko codziennością. Pogoń za coraz wydajniejszymi i coraz bardziej skomplikowanymi urządzeniami i oprogramowaniem prowadzi do sytuacji, w których bezpieczeństwo zazwyczaj schodzi na drugi plan. Dużo łatwiej zabezpieczyć komputer czy smartfon, które wykorzystują sieci teletransmisyjne już od wielu lat, niż samochód, czy żarówkę, która posiada jedynie prosty układ zapewniający połączenie z siecią i ograniczoną transmisję danych pozwalających na monitorowanie i zarządzanie urządzeniem.

Co prawda producenci dbają o coraz wydajniejsze zabezpieczenia, ale nie zawsze idzie to w parze ze świadomością użytkowników, którym bardziej zależy

na jak najszybszym skonfigurowaniu i użytkowaniu nowych technologii, niż na stosowaniu niejednokrotnie kłopotliwych i zmniejszających wydajność technologiami zabezpieczeń. Nasza zdolność do zapewnienia sobie bezpieczeństwa rozwija się zazwyczaj powoli. Przykładowo coraz więcej użytkowników korzysta z urządzeń wykorzystujących transmisję bezprzewodową, jak np. drukarki. Jednocześnie uruchamiając urządzenie, użytkownicy wykonują jedynie najprostsze ustawienia konfiguracyjne, pozwalające na korzystanie z urządzenia. Najczęściej jednak nie starcza im czasu lub wiedzy pozwalającej na zmianę domyślnych ustawień fabrycznych dla konta zarządzającego urządzeniem. Atakującemu wystarczy więc tylko „namierzenie” urządzenia jakimś skanerem i wypróbowania typowych danych dostępowych w rodzaju: użytkownik: „admin”, hasło: „admin” lub podobnych znalezionych gdzieś w wyszukiwarce internetowej. Efektem takiego stanu rzeczy jest coraz szybszy wzrost liczby zgłaszanych przez użytkowników incydentów i naruszeń bezpieczeństwa. Pozostaje jeszcze świadomość, że w domniemaniu duża liczba incydentów nie pozostaje zgłoszona z tych czy innych przyczyn właściwym instytucjom.

Wraz z pojawieniem się nowych technologii, takich jak sztuczna inteligencja (AI), użytkownicy wykorzystują je zarówno do wspierania realizacji swoich procesów biznesowych, jak i do analizowania i rozumienia cyberataków oraz poprawy środków obronnych przed nimi. Jednak te same metody, tylko zazwyczaj dużo wcześniej, wykorzystują także atakujący.

Wykorzystanie możliwości, jakie dają nowoczesne technologie we wspieraniu realizacji procesów biznesowych, wymaga położenia większego nacisku na aspekty bezpieczeństwa wykorzystywanych systemów informacyjnych. Bezpieczeństwo informacji to koncepcja, która nigdy nie była tak istotna dla niezakłóconego funkcjonowania organizacji, jak dzisiaj. Pojawienie się potężniejszej technologii komputerowej i zwiększonej mobilności oznacza, że możemy wykorzystać rozwój technologii do szybszego i bardziej spójnego funkcjonowania systemów w organizacji.

18.2.1. Zagadnienie bezpieczeństwa w organizacji zarządzanej procesowo

W kontekście wykorzystania nowoczesnych technologii cyfrowych w organizacji coraz częściej mówimy o erze cyfrowej. Z erą cyfrową i funkcjonowaniem organizacji w cyberprzestrzeni nierozzerwalnie łączy się pojęcie cyberbezpieczeństwa, odnoszącego się do ochrony systemów komputerowych, sieci, danych i informacji przed nieautoryzowanym dostępem, atakami hackerskimi, kradzieżą danych, utratą poufności lub integralności danych oraz innymi zagrożeniami związanymi z użytą technologią.

Bezpieczeństwo jest pojęciem złożonym i wielowymiarowym. Definiowane jest jako pewien stan (poczucie bezpieczeństwa osiągnięte przez dany podmiot) lub jako proces polegający na zapewnianiu poczucia bezpieczeństwa określonego podmiotu, odzwierciedlający rzeczywisty, dynamiczny charakter tego zjawiska.

Wymieniając zalety rozwoju cyberprzestrzeni dla organizacji, nie można jednak zapominać o możliwych nadużyciach, do których w jej obrębie dochodzi. Przestrzeń internetowa niejednokrotnie staje się miejscem, w którym przeprowadzane są cyberataki, a w rolę cyberprzestępców wcielają się nie tylko indywidualne jednostki, ale także grupy przestępcze, służby specjalne państw, czy terroryści.

Ewolucja cyberprzestrzeni przyniosła nie tylko postęp technologiczny, ale również nowe wyzwania w postaci zaawansowanych cyberataków, które wymagają ciągłej adaptacji systemów i innowacyjnych rozwiązań obronnych. Skuteczna ochrona przed zagrożeniami cyfrowymi opiera się na kompleksowym podejściu, które obejmuje zarówno zaawansowane technologie, jak i edukację użytkowników, zarządzanie tożsamością i dostępem oraz międzynarodową współpracę. Dzięki takim działaniom możliwe jest nie tylko ograniczenie ryzyka, ale także szybkie reagowanie na incydenty, co jest kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa w dynamicznie zmieniającej się cyberprzestrzeni. Współpraca na różnych poziomach, od indywidualnych użytkowników po organizacje międzynarodowe, stanowi fundament budowania odporności na cyberzagrożenia, podkreślając, że cyberbezpieczeństwo jest wspólną odpowiedzialnością, wymagającą zaangażowania na wielu frontach.

Ataki cybernetyczne są wrogimi działaniami, wykorzystującymi dostępne technologie informatyczne w celu uzyskania nieautoryzowanego dostępu, zakłócenia funkcjonowania lub zniszczenia danych, sieci, systemów komputerowych czy urządzeń elektronicznych. Celem ataków cybernetycznych może być kradzież danych, zakłócenie realizacji procesów biznesowych lub politycznych, czy osiągnięcie innych korzyści przestępczych. Ataki mogą prowadzić do poważnych konsekwencji, takich jak utrata poufności danych, szkody finansowe, czy nawet zagrożenie bezpieczeństwa publicznego [www2].

W cyberprzestrzeni nie jest istotne skąd przeprowadzany jest atak. Nowoczesna infrastruktura teleinformatyczna zapewnia transfer danych niemalże w czasie rzeczywistym. Atak może także nie dotyczyć bezpośrednio organizacji, ale mimo to mieć dla niej katastrofalne skutki. Nie musi to wreszcie być atak, tylko konsekwencje innych działań. Przykładowo w konsekwencji działań militarnych podjętych przez Rosję wobec Ukrainy zostały pozamykane rosyjskie serwisy internetowe, czy serwery poczty elektronicznej. Przedsiębiorcy korzystający z tych serwisów stracili do nich dostęp lub byli zmuszeni z dnia na dzień do zamknięcia i zlikwidowania swoich kont, przy pomocy których byli identyfikowani przez swoich partnerów biznesowych na całym świecie. W ten sposób nie

tylko stracili swoje dane, ale także kontakty biznesowe, renomę i wieloletnie zaufanie kontrahentów.

W dobie mediów społecznościowych wystarczy także sama informacja (nie zawsze oparta na faktach) o ataku czy przejęciu kontroli nad systemami organizacji, aby zakłócić jej normalne funkcjonowanie. Niejednokrotnie taką informację można samą w sobie potraktować jako wyrafinowany atak cybernetyczny.

Ataki mogą być przeprowadzone przez różne podmioty, takie jak osoby prywatne, grupy przestępcze, a nawet państwa lub ich agencje wywiadowcze. Do ataków wykorzystywane są słabości w zabezpieczeniach urządzeń, czy też sieci łączącej je ze światem zewnętrznym.

Nie ma jednego określonego sposobu, aby przeprowadzić atak hakerski. Najpopularniejsze można podzielić ze względu na stopień skomplikowania. Im wyższy, tym więcej czasu, zasobów i energii musi poświęcić haker, by uzyskać pożądane informacje [www2], ale często nie ma to dla niego większego znaczenia w obliczu spodziewanych efektów powodzenia ataku.

W sytuacji, w której atak cybernetyczny się opłaca (finansowo, politycznie itp.), dla agresora nie ma żadnych barier i ograniczeń, a nawet najlepsze zabezpieczenia nie stanowią przeszkody. Specjaliści ds. zabezpieczeń szacują, iż posiadając nieograniczone środki finansowe i dostęp do odpowiednich narzędzi, nawet najlepsze zabezpieczenia można złamać w około 10 ms (milisekund).

W obliczu tych i innych zagrożeń niezwykle istotne jest dla organizacji zwrócenie uwagi na zagadnienia związane z jej bezpieczeństwem, a w szczególności z cyberbezpieczeństwem, obejmującym bezpieczeństwo jej systemów informacyjnych. Pod pojęciem cyberbezpieczeństwa należy rozumieć odporność systemów informacyjnych na działania naruszające autentyczność, dostępność, poufność i integralność przetwarzanych danych lub związanych z nimi usług [Michałowska, Hassa, 2022]. Jedną z podstaw cyberbezpieczeństwa jest ochrona przed zagrożeniami. Zagrożeniem w dziedzinie cyberbezpieczeństwa określane jest prawdopodobieństwo, że nie zostanie wykorzystana zaistniała dla organizacji szansa lub zostanie wykorzystana luka w zabezpieczeniach, taka jak słabość lub usterka w oprogramowaniu, sprzęcie czy procesach organizacyjnych, która gdy zostanie naruszona przez zagrożenie, może doprowadzić do incydentu bezpieczeństwa, skutkując stratą mającą charakter informacyjny, finansowy, społeczny, szkodzący reputacji organizacji, czy też naruszający zaufanie klientów. Wśród zagrożeń na uwagę zasługują m.in.: umyślne próby uzyskania dostępu do systemu pojedynczej osoby lub organizacji, które mogą zagrozić poufności, integralności i dostępności informacji. Zagrożenia takie mogą pochodzić spoza organizacji – z dowolnego miejsca na świecie, podłączonego do Internetu (zagrożenia zewnętrzne). Równie groźne lub nawet groźniejsze dla organizacji są zagrożenia wewnętrzne, które nie zawsze są zamierzone, a zostały spowodowa-

ne np. przez nieuwagę pracowników. Zagrożenia mogą również zależeć od sił natury, przybierając formę klęski żywiołowej (np. powódź zalewająca serwerownię) lub być sztucznym ryzykiem, takim jak nowy wariant złośliwego oprogramowania.

Organizacje podejmują wszelkie możliwe działania mające na celu ochronę przed zagrożeniami. Skuteczne zabezpieczenie informacji wykorzystywanych podczas realizacji procesów biznesowych ma znaczenie nie tylko dla sukcesu biznesowego organizacji, ale także dla jej klientów. W erze cyfrowej nikt z otoczenia biznesowego organizacji nie będzie zainteresowany współpracą z partnerem, którego systemy informacyjne są słabo zabezpieczone i zagrożone atakiem, gdyż może to mieć negatywne skutki także dla nich.

Bezpieczeństwo informacji w organizacji obejmuje także ochronę jej aktywów. Pojęcie aktywów w kontekście bezpieczeństwa systemów informacyjnych obejmuje przede wszystkim przedmioty materialne mające wartość dla firmy, takie jak budynki, infrastruktura techniczna, maszyny i urządzenia, komputery, urządzenia dostępne i pozostałe urządzenia infrastruktury teleinformatycznej. Aktywa organizacji to również własność intelektualna, wartości niematerialne i prawne, takie jak dane, oprogramowanie i kod źródłowy, biorące udział w realizacji procesów biznesowych. Aktywa organizacji to przede wszystkim ludzie – pracownicy, zarząd, kontrahenci. Zasoby ludzkie uważane są za najważniejsze zasoby organizacji. Aby w pełni wykorzystać możliwości, jakie dają nowoczesne technologie informatyczne, niezbędne jest ciągłe kształtowanie świadomości zatrudnionych pracowników odnośnie do roli wykorzystywanych narzędzi informatycznych i oferowanego przez nie potencjału [Sołtysik, 2015]. Nawet zastosowanie najnowocześniejszych rozwiązań technologicznych bez odpowiednio wykwalifikowanej obsługi nie przyniesie oczekiwanych efektów [Armstrong, 2007, s. 367].

W erze cyfrowej żadna organizacja nie może prowadzić działalności gospodarczej bez doświadczonych, posiadających określone kompetencje pracowników. Przykładowo: z firmy odchodzą kluczowi pracownicy odpowiedzialni za realizację kluczowych procesów biznesowych. Pomimo tego, że pozostały najnowocześniejsze maszyny i urządzenia, firma nie jest w stanie realizować produkcji, ponieważ na rynku pracy brak kandydatów z niezbędnymi kwalifikacjami, a co gorsza w firmie nie pozostał nikt, kto byłby w stanie przyuczyć nowych kandydatów na wakujące stanowiska pracy. W takim przypadku firmie bardzo trudno będzie powrócić do pełnej zdolności produkcyjnej.

Mając na uwadze zarówno wiele wciąż istniejących, jak i dopiero pojawiających się zagrożeń, należy podjąć wszelkie dostępne kroki, mające na celu zabezpieczenie systemów. Szczególnie istotne jest to we współczesnych cyfrowych organizacjach zarządzanych procesowo, gdzie nawet najmniejsza nieuprawniona

ingerencja w funkcjonujące systemy może mieć katastrofalny wpływ na przyszłość organizacji. Bezpieczeństwo kosztuje i nigdy nie będzie całkowite, bez względu na poniesione koszty. Chociaż z pewnością możemy zabezpieczyć systemy, bezpieczeństwo informacji musi zawsze być na miarę. Wykorzystywane metody i narzędzia podnoszące bezpieczeństwo systemu, pomimo swojej użyteczności, nie mogą przekroczyć zaplanowanego i dostępnego budżetu. W przeciwnym przypadku poziom bezpieczeństwa będzie wyższy, ale organizacji zabraknie środków na realizację bieżących procesów, a więc pośrednio ataki na firmę się powiodą, choć może bez oczekiwanego zysku dla atakującego, jednakże na pewno ze stratą dla atakowanego.

18.3. Standard TCSEC – Pomarańczowa księga

Funkcjonowanie organizacji realizowane jest z wykorzystaniem wielu dedykowanych systemów informatycznych. W kontekście omawiania standardów bezpieczeństwa została przyjęta definicja wskazująca, że system informatyczny jest rozwiązaniem technicznym systemu informacyjnego, obejmującym dane, metody i środki techniczne [Kuraś, 2009].

Istnieje wiele standardów wprowadzanych przez organizacje zajmujące się bezpieczeństwem systemów informatycznych. Standardy te są najczęściej adekwatne nie tylko do wartości promowanych przez wdrażające je organizacje, ale także do specyfiki obszarów bezpieczeństwa w organizacji, których dotyczą.

Tematyka związana z bezpieczeństwem informacji w organizacji nie jest nowym zagadnieniem, jednakże podejście zakładające systemową standaryzację praktyk bezpieczeństwa informacji opartych na zarządzaniu ryzykiem pojawiło się dopiero niedawno.

W praktyce gospodarczej systemowe podejście do bezpieczeństwa informacji jest zagadnieniem nowym, jednak na całym świecie liczne organizacje uznają użyteczność systemów zarządzania jako środka zapewniającego nadzór nad ryzykiem w biznesie i budującego wartość.

Wśród współczesnych standardów jednym z kluczowych jest stworzona w 1983 roku z inicjatywy Agencji Bezpieczeństwa Narodowego Departamentu Obrony USA i zaktualizowana w 1985 roku tzw. Pomarańczowa księga, która swoją nazwę zawdzięcza kolorowi okładki dokumentu, powstała na bazie kryteriów zawartych w Trusted Computer System Evaluation Criteria (TCSEC).

W pierwszej części dokumentu zostały omówione wszelkie zagadnienia oraz koncepcje wykorzystywane w jego dalszych częściach. Standard ten wykorzystuje matematyczną teorię zbiorów, definiując pojęcia stanu bezpieczeństwa oraz trybów dostępu do systemu. Określa na jakich zasadach przyznawane są

podmiotom określone tryby dostępu do obiektów. W Pomarańczowej księdze [Orange Book, 1985] został zawarty dowód Podstawowego Twierdzenia Bezpieczeństwa, opracowanego przez Bella i LaPadulę, mówiącego, że zastosowanie dowolnej sekwencji reguł systemu, będącego bezpiecznym, spowoduje przejście innego systemu do stanu bezpieczeństwa [www4]. W standardzie tym został wykorzystany formalny model systemu. Omawiany model zapewnia wskaźniki, pozwalające na ocenę systemu, i wytyczne dotyczące rozwoju systemów. Określa zarówno właściwości systemu, specyficzne dla jego konfiguracji i dostosowane do systemu operacyjnego, jak i jego wymagania dla każdego systemu [Alves-Foss, Rincke, Saghi, 1997]. Bezpieczne systemy kontrolowane są poprzez zastosowanie określonych zabezpieczeń dostępu do informacji, aby jedynie upoważnione osoby lub procesy uzyskiwały dostęp do ich odczytu, zapisu, tworzenia, czy też usuwania. W ten sposób zostało utworzonych sześć podstawowych wymagań, z czego cztery dotyczą tego, co należy zapewnić dla kontroli dostępu do informacji, a dwa potwierdzają, że zostało to osiągnięte za pośrednictwem zaufanego systemu komputerowego. Wymagania dzielą się na trzy typy. Pierwsze z nich dotyczą polityki, drugie – odpowiedzialności. Ostatnie z wymagań odnoszą się do zapewnienia użytkownika o ochronie [Orange Book, 1985]. Tabela 1 przedstawia wymagania zawarte w Pomarańczowej księdze.

Tabela 1. Wymagania zawarte w Pomarańczowej księdze

Polityka	
Polityka bezpieczeństwa	System musi posiadać jasną i dobrze zdefiniowaną politykę bezpieczeństwa. Dodatkowo wymagane są mechanizmy wymuszające jej realizację oraz praktyczne zastosowanie [www4]
Opis obiektów (znakowanie)	Możliwość oznakowania każdego przedmiotu etykietą, która rzetelnie określa jego poziom wrażliwości [Department of Defense Standard, 1985]
Odpowiedzialność	
Identyfikacja	Identyfikacja poszczególnych podmiotów, ułatwiająca kontrolowanie osób uzyskujących dostęp do systemu oraz ich uprawnień
Audyt (odpowiedzialność)	Dane audytowe powinny być przechowywane w bezpieczny sposób. System musi mieć możliwość rejestrowania istotnych z punktu bezpieczeństwa zdarzeń
Zapewnienie	
Pewność	System komputerowy musi zawierać mechanizmy sprzętowe/programowe, które podlegają ocenie według spełnianych przez nie czterech wymagań: polityki bezpieczeństwa, opisu obiektów, identyfikacji i audytu
Ciągła ochrona	Mechanizmy egzekwujące wymagania muszą być chronione przed manipulacją i nieautoryzowanymi zmianami

Źródło: Orange Book [1985].

Weryfikacja kryteriów kontroli polityki bezpieczeństwa, odpowiedzialności (audytu) oraz pewności przeprowadzana jest dla uzyskania określonych celów. Celem polityki bezpieczeństwa, będącej oświadczeniem woli w zakresie dostępu oraz rozpowszechniania informacji wrażliwych, jest dokładne odzwierciedlenie prawnych regulacji i ogólnych zasad podczas jej wprowadzenia. Dlatego też musi być ona zarówno precyzyjnie określona, jak i wdrożona dla każdego systemu. Polityka bezpieczeństwa obejmuje postanowienia dotyczące egzekwowania obowiązkowych zasad kontroli dostępu. Oparte są one na porównywaniu zezwoleń lub upoważnień użytkownika do informacji oznaczonych etykietami, wraz z klasyfikacją lub oznaczeniem ich wrażliwości. Audyt (odpowiedzialność) odnosi się do indywidualnej identyfikacji użytkownika oraz jej uwierzytelniania dla prawidłowej autoryzacji. Zaufany system komputerowy zapewnia upoważnionemu personelowi możliwość kontrolowania wszelkich działań, wiążących się z dostępem, generowaniem oraz ujawnianiem informacji wrażliwych. Dane audytowe charakteryzują się szczegółowością dla śledzenia zdarzeń podlegających audytowi. Zadaniem jest tutaj zapewnienie przez systemy używane do przetwarzania informacji indywidualnej odpowiedzialności w przypadku każdorazowej obowiązkowej lub uznaniowej polityki bezpieczeństwa. Celem kontroli pewności jest zaprojektowanie systemów w taki sposób, aby gwarantowały prawidłową i dokładną interpretację polityki bezpieczeństwa, bez zniekształcania jej. Należy zapewnić prawidłowe wdrożenie oraz działanie polityki podczas całego cyklu życia systemu [Orange Book, 1985]. Na podstawie kryteriów oceny wiarygodności Trusted Computer System Evaluation Criteria (TCSEC) zostały zdefiniowane tzw. klasy bezpieczeństwa [Krawiec, 2017], będące siedmioma wyodrębnionymi poziomami bezpieczeństwa systemów informatycznych.

Pomarańczowa księga wyróżnia cztery poziomy kryteriów bezpieczeństwa, oznaczone kolejno literami od D do A. Poziomy D oraz A posiadają jedną klasę, poziom B dzieli się na trzy klasy, z kolei poziom C na dwie. Ocena poziomu bezpieczeństwa systemu wiąże się z zakwalifikowaniem go do którejś z poniższych klas, uszeregowanych według narzucanych przez nie restrykcji [www4].

- Klasa D – jest to poziom minimalnej ochrony systemu, nieposiadający zabezpieczeń systemu, przez co nie podlega on certyfikacji. Występuje tutaj również brak wiarygodności systemu. Zakwalifikowane zostają tu systemy, które podczas oceny nie zostały zakwalifikowane do żadnej innej klasy oraz pozornie bezpieczne. Logowanie często odbywa się poprzez wpisanie przez użytkownika loginu oraz hasła. W klasie D istnieje ryzyko wprowadzenia zmian przez dowolnego użytkownika posiadającego własne dane logowania [Orange Book, 1985].

- Klasa C1 – to klasa dobrowolnej kontroli dostępu. Zaufana baza obliczeniowa tej klasy nominalnie pełni uznaniowe wymagania bezpieczeństwa, separując dane od użytkowników. Zawiera pewną formę wiarygodnych mechanizmów kontroli, umożliwiających egzekwowanie ograniczeń dostępu przez indywidualnego użytkownika [Orange Book, 1985]. Każda osoba, mająca możliwość zalogowania się do systemu, staje się właścicielem własnej grupy obiektów, do której może przyznawać dostęp innym użytkownikom wedle własnego uznania. Mechanizmy te wspierają ochronę informacji oraz przeciwdziałają przypadkowemu odczytaniu lub zniszczeniu danych, przez osoby nieuprawnione do dostępu do nich. W systemie tym wszyscy użytkownicy na ogół logują się w taki sam sposób, nie istnieje tu administrator. Istnieje jednak możliwość ustalenia oddzielnych sposobów dostępu dla właściciela, grupy bądź też pojedynczego użytkownika [www4].
- Klasa C2 – dostęp kontrolowany. Systemy tej klasy wymuszają bardziej szczegółową uznaniową kontrolę dostępu niż klasa C1. Użytkownicy stają się indywidualnie odpowiedzialni za swoje działania poprzez procedury logowania, audyt zdarzeń, które są istotne dla bezpieczeństwa, oraz izolację zasobów [Orange Book, 1985]. Zostaje tu zdefiniowany oraz kontrolowany dostęp między nazwanymi użytkownikami i nazwanymi obiektami. Dzięki mechanizmom egzekwowania użytkownicy mogą nie tylko określać, ale i kontrolować udostępnianie obiektów przez pojedyncze osoby bądź też grupy osób. Przynależność do tej klasy systemów zapewnia również kontrolę ograniczającą rozprzestrzenianie się prawa dostępu. Mechanizm uznaniowej kontroli dostępu zapewnia ochronę obiektów przed nieuprawnionym dostępem do nich. Przed rozpoczęciem jakichkolwiek działań system wymaga od użytkowników identyfikacji, korzystając przy tym z mechanizmu chroniącego różnego rodzaju dane, takie jak np. hasła w celu uwierzytelnienia tożsamości użytkownika, aby nikt nieuprawniony nie mógł uzyskać do nich dostępu [www4]. Istnieje tutaj również możliwość zablokowania instrukcji dla poszczególnych użytkowników [www4].
- Klasa B1 – etykiety poziomu bezpieczeństwa. System ten wymaga spełnienia wszystkich funkcji niezbędnych do zakwalifikowania systemu do klasy C2. Ponadto wymaga nieformalnego oświadczenia dotyczącego polityki bezpieczeństwa, etykietowania danych i obowiązkowej kontroli dostępu do nazwanych podmiotów i obiektów. Klasa ta nakłada wymóg możliwości dokładnego oznaczania wszystkich eksportowanych informacji. Wszelkie wady, wykryte jeszcze w fazie testowania, powinny zostać wyeliminowane [Orange Book, 1985]. Etykiety opisują właściwości danych w systemie bezpieczeństwa, pozwalając na stopniowanie poziomu poufności obiektów i poziomu zaufania

poszczególnych użytkowników. Klasa ta obsługuje bezpieczeństwo na kilku poziomach, takich jak „tajne” oraz „ściśle tajne”. Istnieją tu mechanizmy uznaniowej kontroli dostępu do systemu, dzięki którym np. brak jest możliwości zmiany charakterystyki dostępu do plików oraz kartotek przez użytkownika. Zablokowane są również prawa dostępu do obiektu przez właściciela [www4].

- Klasa B2 – zabezpieczenie strukturalne. W systemach klasy B2 zaufana baza przetwarzania (TCB) opiera się na jasno zdefiniowanym i udokumentowanym formalnym modelu polityki bezpieczeństwa, wymagającym rozszerzenia uznaniowych i obowiązkowych egzekwowań dostępu, na wszystkie podmioty i obiekty w systemie. Adresowane są tu kanały ukryte. TCB musi być starannie podzielony na elementy krytyczne i niekrytyczne dla ochrony. Posiada on również dobrze zdefiniowany interfejs, a projekt oraz wdrożenie TCB umożliwia poddanie go dokładniejszym testom i pełniejszemu przeglądowi. Wzmocnione zostały tu mechanizmy uwierzytelniania, zapewnione zarządzanie zaufanymi obiektami w formie wsparcia funkcji administratora i operatora systemu oraz narzucono rygorystyczne kontrole zarządzania konfiguracją. System jest względnie odporny na penetrację [Orange Book, 1985].
- Klasa B3 – obszary poufne. System posiada silne wsparcie dla administracji bezpieczeństwem oraz mechanizm audytu rozszerzony do reagowania na istotne sygnały związane z bezpieczeństwem, przy jednoczesnym minimalizowaniu jego złożoności. Wymagane są tutaj procedury odzyskiwania systemu. Na systemie ciąży obowiązek ochrony zarówno przesyłanej, jak i przechowywanej informacji. Zmniejsza ryzyko podsłuchu elektronicznego, prowadzącego do przechwytywania przesyłanych danych przez osoby nieuprawnione do dostępu do nich. System klasy B3 charakteryzuje się dużą odpornością na penetrację [www4].
- Klasa A1 – zweryfikowana realizacja systemu. Systemy klasy A są równoważne swoją funkcjonalnością do systemów klasy B3. Charakteryzują się one stosowaniem formalnych metod weryfikacji bezpieczeństwa w celu zapewnienia, że zarówno obowiązkowe, jak i uznaniowe kontrole bezpieczeństwa stosowane w systemie mogą skutecznie chronić wszelkie tajne i wrażliwe informacje, przechowywane bądź też przetwarzane przez ten system. W celu wykazania spełnienia wymagań bezpieczeństwa w każdym z aspektów: projektowania, rozwoju, wdrażania, wymagana jest obszerna dokumentacja. System ten jest teoretycznie odporny na penetrację [Orange Book, 1985].

Więcej klasyfikacji bezpieczeństwa systemów przedstawia w swych pracach Liderman [2017].

18.3.1. Analiza i zarządzanie ryzykiem w organizacji według Pomarańczowej księgi

Z perspektywy czasu podejście organizacji do bezpieczeństwa ewoluowało w kierunku położenia większego nacisku na analizę i zarządzanie ryzykiem. Wśród wielu wydawnictw na uwagę zasługuje dokument wydany przez Ministerstwo Skarbu Jej Królewskiej Mości Pomarańczowa Księga [Pomarańczowa Księga, 2024]. Dokument opisuje wszelkie zalecenia dotyczące analizy ryzyka, takie jak skład personelu przeprowadzającego analizę, jej czas wykonania i inne. Analiza ryzyka skupia się na podziale kategorii zagrożeń, na jakie narażone są dane, oraz sposobów przeciwdziałania im. Określony zostaje plan działania, skierowany głównie na najbardziej prawdopodobne zagrożenie. Uwzględniony zostaje priorytet zagrożeń w oparciu o ważność chronionych informacji. Do elementów analizy ryzyka zalicza się [www3]:

- zagrożenia,
- cele,
- odporność na zagrożenia,
- konsekwencje zagrożeń,
- stosunek ryzyka do potencjalnych strat,
- ochrona oraz jej koszty,
- koszty analizy,
- implementacja odpowiednich mechanizmów ochronnych.

Pomarańczowa Księga ewoluuje z czasem, aby zachować jak najlepsze dostosowanie do dynamicznie zmieniających się warunków funkcjonowania organizacji. Najnowsza wersja Pomarańczowej księgi zakłada wprowadzenie we wszystkich organizacjach podstawowych procesów zarządzania ryzykiem. Najważniejszym staje się tu ciągły przegląd oraz usprawnianie procesu zarządzania ryzykiem, a nie tylko jego wstępna identyfikacja i analiza. Efektywne zarządzanie ryzykiem nierozłącznie związane jest z utrzymywaniem w równowadze wielu oddziałujących na siebie wzajemnie elementów. Poszczególne ryzyka często oddziałują na siebie wzajemnie, więc nie można zajmować się nimi pojedynczo. Zarządzający powinni kontrolować jednocześnie wiele możliwych do wystąpienia ryzyk. W celu zarządzania ryzykiem potrzebna jest wiedza dotycząca nie tylko tego, jakie potencjalne zagrożenie może wystąpić, ale też należy poddać je ocenie. Identyfikacja ryzyka jest jedną z pierwszych rzeczy, jaką należy zrobić podczas tworzenia profilu ryzyka. Proces ten składa się z dwóch następujących po sobie faz. Pierwszą z nich jest wstępna identyfikacja ryzyka, mająca miejsce w przypadku nowo powstałej organizacji oraz takiej, która nie zajmowała się tym wcześniej. Drugą fazą jest ciągła identyfikacja ryzyka, konieczna do wyszczególnienia nowego zagrożenia, które jeszcze nie wystąpiło, zmian w do-

tychczasowych zagrożeniach, które miały miejsce, ale nie są już tak istotne dla organizacji. Jest to jedno z rutynowych działań, które powinno zostać przeprowadzone w każdej działalności. Kolejnym, ważnym elementem wchodzącym w skład analizy ryzyka jest jego ocena. Podczas procesu oceny ryzyka należy kierować się trzema ważnymi zasadami [Pomarańczowa Księga, 2024]:

- zapewnieniem, że został zastosowany wyraźnie ustrukturalizowany proces, który podczas oceny danego ryzyka uwzględnia zarówno prawdopodobieństwo jego wystąpienia, jak i oddziaływanie, jakie ma na organizację;
- dokumentowanie oceny ryzyka w taki sposób, aby łatwo można było zarówno monitorować, jak i identyfikować priorytety związane z ryzykiem;
- zachowanie rozróżnienia pomiędzy ryzykiem nieodłącznym a ryzykiem pozostałym po kontroli wewnętrznej [Pomarańczowa Księga, 2024].

Podczas oceny ryzyka zostaje uwzględnione zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka, jak i jego oddziaływanie w przypadku, gdy dane ryzyko miało już miejsce. Często wystarczającym okazuje się podział zagrożeń na wysokie, średnie oraz niskie. Jest to minimalny poziom kategoryzacji ryzyka. Ocena ryzyka powinna zostać udokumentowana tak, aby przedstawiała kolejne etapy procesu.

Dokumentacja ta tworzy profil ryzyka dla organizacji, który [Pomarańczowa Księga, 2024]:

- ułatwia identyfikację priorytetów ryzyka;
- pokazuje powody podjęcia decyzji dotyczącej tego, co jest, a co nie dopuszczalnym narażeniem na ryzyko;
- pomaga w rejestracji procesu decyzyjnego związanego z postępowaniem wobec ryzyka;
- zapewnia dostęp wszystkim osobom odpowiedzialnym za zarządzanie ryzykiem do profilu ryzyka oraz przedstawia obszary obowiązków;
- ułatwia zarówno przegląd, jak i stałe monitorowanie ryzyka.

W obliczu wystąpienia ryzyka, wykonywane są działania mające na celu przekształcenie potencjalnego zagrożenia w korzyść dla działalności, polegającej na zmniejszeniu prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka oraz wykorzystania szans. Takie postępowania tworzą część wewnętrznej kontroli ryzyka. Pomarańczowa księga [2020, s. 27-29] w kontekście postępowania z ryzykiem wyróżnia pięć głównych aspektów:

- dopuszczanie – w przypadku gdy koszt przeprowadzenia działań zapobiegających jest niewspółmierny z korzyściami, jakie przynoszą. Zagrożenie jest wówczas uznawane za dopuszczalne i tolerowane. Istnieje możliwość utworzenia planu awaryjnego, zapobiegającego w momencie rzeczywistego pojawienia się ryzyka;

- zmniejszanie – ograniczanie ryzyk, pomimo kontynuacji działań je powodujących. Wiąże się to ze zmniejszeniem potencjalnych ryzyk, jakie mogą wystąpić w organizacji. Można tu wyróżnić cztery punkty kontrolne: zapobiegawcze niepożądanym wynikiom, korygujące, nakazowe, które zapewniają osiągnięcie konkretnych wyników, oraz wykrywające w celu identyfikowania okazji do powstania niepożądanych wyników, które już się pojawiły;
- przeniesienie – przekazanie dalszego postępowania z ryzykiem wyznaczonej osobie lub organizacji. Jest to możliwie najlepsza reakcja, gdy mamy do czynienia np. z ryzykiem finansowym lub majątkowym. W ich przypadku dokonuje się tego poprzez ubezpieczenie lub przejęcie przez stronę trzecią ryzyka z organizacji. Niestety nie każdy rodzaj zagrożeń nadaje się do przenoszenia;
- zakończenie – niektóre z zagrożeń można zmniejszyć do dopuszczalnego poziomu jedynie poprzez zakończenie działalności związanej z zagrożonym procesem. Istotne jest to szczególnie w przypadku projektów, w których szacowane koszty przekraczają korzyści;
- korzystanie z szans – nie jest to alternatywa wobec pozostałych aspektów, jednakże powinna być brana pod uwagę podczas dopuszczania, przenoszenia i zmniejszania ryzyka. Wiąże się z wyciąganiem korzyści dla organizacji z działań mających na celu zapobieganie ryzyku.

Zarządzanie ryzykiem powinno podlegać przeglądowi oraz sprawozdawczości w celu monitorowania, czy nie nastąpiły jakiegokolwiek zmiany w stworzonym profilu ryzyka oraz pewności względem efektywności i identyfikacji momentu wymagającego dalszych działań. Niezbędne będzie tu ustalenie procesów sprawdzających dalsze występowanie ryzyka, ewentualności pojawienia się nowych ryzyk oraz tego czy prawdopodobieństwo i oddziaływanie zmieniło się. Ważne są również procesy raportujące istotne zmiany zajmujące się korygowaniem priorytetów zagrożeń. Dają one pewność skutecznej kontroli. Proces zarządzania ryzykiem w ujęciu całościowym powinien być poddawany regularnym przeglądom w celu uzyskania pewności, że jest odpowiedni względem jego efektywności. Ważnym aspektem jest również odpowiednia komunikacja oraz uczenie się, aby każda z osób zajmujących się analizą ryzyka rozumiała zagrożenie, potrafiła je zidentyfikować oraz przeciwdziałać prawdopodobieństwu jego wystąpienia [Pomarańczowa Księga, 2024].

18.4. System Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji

W erze cyfrowej korzystanie z coraz większej ilości nowoczesnych technologii teleinformatycznych dla wspierania działań organizacji ma wpływ na zwiększenie ryzyka wystąpienia różnego rodzaju cyberataków, takich jak nieautoryzo-

wany dostęp do poufnych danych, ich kradzież, czy też naruszenie integralności. Jednym z działań mającym na celu zmniejszenie ryzyka wystąpienia cyberataku jest wdrożenie odpowiednich zabezpieczeń poprzez zastosowanie rozwiązania systemowego, jakim jest System Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji. Podstawą funkcjonowania systemu zgodnego z normą ISO/IEC 27001 jest wdrożenie zarządzania procesowego. Wydzielone zostają procesy podstawowe i pomocnicze. Podjęte działania, na podstawie określonych norm, takich jak rodzina norm ISO/IEC 27001, dają podstawy do wdrożenia w organizacji systemu zgodnego z wymaganiami normy i otrzymania przez firmę certyfikatu poświadczającego zgodność z systemem bezpieczeństwa. Gdy system funkcjonujący w organizacji jest zgodny z normą, oznacza to, że zostały wypełnione wszystkie wymagania i potwierdzone wszystkie kontrole określone w normach, a co za tym idzie zostało zapewnione bezpieczeństwo wszelkich zasobów informacyjnych organizacji. Oczywiście należy pamiętać, że w każdym momencie mogą się pojawić inne zagrożenia, a w systemie wystąpić nowe, nieistniejące wcześniej zagrożenia.

18.4.1. Rodzina ISO 27000

Rodzina norm ISO/IEC 27000 zawiera wiele standardów, które są skoncentrowane na różnych aspektach zarządzania bezpieczeństwem informacji w organizacji zarządzanej procesowo. W rodzinie norm ISO/IEC 27000 zostały zawarte zarówno normy specyfikujące, które podlegają audytowi w procesie certyfikowania organizacji, przewodniki opisujące standardy i metody ich implementacji, wytyczne przeprowadzania kontroli działalności oraz kodeksy postępowania, związane z zarządzaniem bezpieczeństwem informacji [www5]. Tabela 2 zawiera podział rodziny ISO/IEC 27000 ze względu na zawarte w niej informacje.

Tabela 2. Podział norm zawartych w rodzinie ISO/IEC 27000

Normy specyfikujące	
27001	Wymagania wobec Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) [Amason, Willett, 2007]
27002	Postępowanie dot. wdrożenia Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (kierownictwo)
27006	Wymagania stawiane wobec jednostek certyfikujących.
Przewodniki	
27003	Proces ustanawiania i wdrażania Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji
27004	Metryka oraz pomiary w Systemie Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji
27005	Analiza ryzyka
27007	Audyt Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji

cd. tabeli 2

Wytyczne audytowe	
27008	Kodeksy postępowania
27009	Wytyczne dla sektorowych SZBI
Kodeksy postępowania	
27017	Kodeks postępowania dla kontroli bezpieczeństwa informacji w usługach w chmurze
27018	Kodeks postępowania dla ochrony danych osobowych w chmurze publicznej Rozszerzenie do ISO
Rozszerzenie do ISO/IEC	
27701	Rozszerzenie do ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 27002 dla zarządzania prywatnością

Źródło: [www5].

Standardy 27002, 27003, 27004, 27005 oraz 27007 zawierają informacje dotyczące aktualnej sytuacji występującej w organizacji w chwili sporządzania dokumentacji Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji.

18.4.2. Korzyści wynikające z wdrażania norm ISO/IEC 27000

Organizacje mogą czerpać wiele korzyści dzięki wdrożeniu do swojej działalności norm zawartych w rodzinie ISO/IEC 27000, które pozwolą na budowę zaufania oraz zmniejszenie ryzyka związanego z wszelkimi zagrożeniami dotyczącymi informacji, takimi jak wypływ danych bądź też dostęp do nich osób do tego nieupoważnionych. Do głównych korzyści wynikających z wdrożenia norm ISO/IEC 27000 można zaliczyć [www5]:

- poprawę bezpieczeństwa informacji – ustalenie jasno zdefiniowanych procedur oraz kontroli pomaga organizacjom skutecznie chronić cenne informacje przed dostępem do nich osób nieuprawnionych, naruszeniem zasady poufności, integralności i dostępności informacji;
- zgodność z regulacjami – normy ISO/IEC 27000 pomagają w spełnianiu wymagań stawianych przez regulacje prawne, takie jak RODO, czy ustawa o ochronie danych osobowych;
- budowanie zaufania – klienci często zwracają uwagę na zaangażowanie firm w proces ochrony informacji. Certyfikacja ISO/IEC 27000 pomaga w budowaniu zaufania zarówno klientów, jak i partnerów biznesowych czy też interesariuszy do organizacji;
- redukcja ryzyka – dzięki systematycznemu podejściu do zagadnień związanych z zarządzaniem ryzykiem bezpieczeństwa informacji możliwe jest zidentyfikowanie oraz minimalizacja zagrożeń, które mogą wystąpić;
- efektywność operacyjna – dzięki klarownym procesom i procedurom możliwe jest zwiększenie efektywności operacyjnej organizacji, co wpływa na oszczędność nie tylko czasu, ale też zasobów.

Wielu potencjalnych partnerów biznesowych jako wymóg współpracy stawia zgodność systemu zarządzania organizacji z wymaganiami normy potwierdzonej certyfikatem przez jednostkę autoryzowaną przez krajową jednostkę akredytującą. Takim organem w Polsce jest Polskie Centrum Akredytacji PCA – krajowa jednostka akredytująca upoważniona do akredytacji jednostek oceniających zgodność na podstawie ustawy z dnia 13.04.2016 roku o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku [PCA, 2016]. Polskie Centrum Akredytacji posiada status państwowej osoby prawnej i jest nadzorowane przez ministra właściwego do spraw gospodarki, powołane zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 roku ustanawiającym wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszącym się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającym rozporządzenie (EWG) nr 339/93 [PE, 2008]. Polskie Centrum Akredytacji zostało wskazane jako jedyna krajowa jednostka akredytująca w świetle ww. rozporządzenia 765/2008. Statut Polskiego Centrum Akredytacji określa Zarządzenie nr 39 Ministra Rozwoju z dnia 15 lipca 2016 [Statut PCA, 2016].

Celem wielu organizacji w zakresie zwiększenia poziomu bezpieczeństwa staje się zatem ustanowienie, wdrożenie, eksploatacja, monitorowanie, przegląd, utrzymanie i doskonalenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji zgodnego z normą ISO/IEC 27001, przepisami prawa, wszelkimi obowiązującymi regulacjami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Norma ta obejmuje zestaw wymagań, które organizacja musi spełnić, aby skutecznie chronić swoje informacje i zarządzać ryzykiem związanym z bezpieczeństwem danych. Wdrożenie i utrzymanie sprawnie działającego SZBI wiąże się z koniecznością systematycznego podejścia, które powinno uwzględniać kilka występujących po sobie procesów, do których zalicza się:

- określenie zakresu SZBI,
- określenie polityki SZBI,
- wskazanie systematycznego podejścia do zarządzania ryzykiem,
- zidentyfikowanie rodzajów ryzyka,
- zidentyfikowanie i ocena wariantów postępowania z ryzykiem,
- wskazanie celów stosowania zabezpieczeń.

Podstawą funkcjonowania systemu jest ciągła iteracyjna identyfikacja ryzyka, która polega na wskazaniu oraz przypisaniu do nich zagrożeń, podatności oraz skutków wystąpienia niebezpieczeństwa. Norma definiuje konieczność stałej, regularnej analizy i oceny ryzyka, jego monitorowania oraz podjęcia decyzji odnoszącej się do postępowania z ryzykiem. Efektem tych działań powinien być kompleksowy plan postępowania z ryzykiem, który określi, jak firma będzie identyfikować, oceniać i zarządzać ryzykiem. Po zatwierdzeniu i wprowadzeniu

planu w życie konieczna jest implementacja środków bezpieczeństwa, określonych w planie postępowania z ryzykiem. Wymaga to uświadamiania i szkolenia pracowników w celu zwiększenia ich świadomości związanej z bezpieczeństwem informacji. Wdrożone zabezpieczenia należy w sposób ciągły monitorować i odpowiednio zarządzać zasobami ludzkimi i technologicznymi związanymi z zabezpieczeniami, które są niezbędne do utrzymania wysokiego poziomu bezpieczeństwa informacji.

Pomimo ciągłego monitorowania ryzyk i zabezpieczeń, organizacje powinny wdrożyć procedury szybkiego reagowania na incydenty związane z naruszeniem bezpieczeństwa informacji. Procedury te mogą być wspierane narzędziami sztucznej inteligencji, systemami uczącymi się, systemami ekspertowymi, wykorzystującymi reguły bazy wiedzy. Tak przeprowadzony proces zapewni firmie kompleksowe podejście do zarządzania wdrożeniem i eksploatacji SZBI.

Minimalny zakres działań prowadzonych w Zakresie Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji zakłada [Stanik, Kiedrowicz, Protasowiecki, 2024]:

- powołanie struktury organizacji (wyznaczenie służb, które stają się odpowiedzialne za Zarządzanie Bezpieczeństwem Informacji w organizacji),
- zdefiniowanie zakresu polityki bezpieczeństwa Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji,
- opracowanie dokumentacji Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji,
- zbudowanie i wdrożenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji na podstawie wyników raportu zgodnego z normą ISO/IEC 27005 (szacowanie ryzyka),
- przeprowadzenie audytu certyfikującego,
- stałe doskonalenie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji.

Współczesne organizacje, chcąc podolać wyzwaniom związanym z ochroną funkcjonowania swoich kluczowych procesów biznesowych, coraz częściej sięgają po uznane rozwiązania. Jednym z takich rozwiązań jest normalizacja, czyli wdrożenie w organizacji Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) zgodnego z normą ISO/IEC 27001:2023. Organem decydującym o normalizacji jest obchodzący w 2024 roku swoje stulecie PKN – Polski Komitet Normalizacyjny – krajowa jednostka normalizacyjna, która odpowiada za organizację działalności normalizacyjnej. PKN nie jest organem administracji rządowej, jest podmiotem prawa publicznego. Działa z mocy Ustawy z dnia 12 września 2002 roku o normalizacji. Podstawę działania PKN w obecnym zakresie regulują przepisy [PKN, 2002]. To PKN wprowadza na polski rynek nowe normy i aktualizuje istniejące. Podstawą wdrożenia normy jest akceptacja przez PKN.

W obszarze SZBI najbardziej aktualną funkcjonującą normą jest PN-EN ISO/IEC 27001:2023-08 – Bezpieczeństwo informacji, cyberbezpieczeństwo i ochrona prywatności – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – jest to kolejne wydanie normy zastępujące PN-EN ISO/IEC 27001:2017-06 [Norma 27001, 2023]. Organizacje posiadające SZBI zgodny z poprzednią normą mają czas na przejście na nową normę do 25 października 2025. Organizacje wdrażające normę 27001 od 1 kwietnia 2024 muszą osiągnąć i zadeklarować zgodność z nową normą PN-EN ISO/IEC 27001:2023-08. Norma określa wymagania dotyczące ustanowienia, wdrożenia, utrzymania i ciągłego doskonalenia systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji w odniesieniu do organizacji. Niniejszy dokument obejmuje również wymagania odnoszące się do szacowania i postępowania z ryzykiem dotyczącym bezpieczeństwa informacji dostosowanych do potrzeb organizacji. Wymagania określone w niniejszym dokumencie są ogólne i mają zastosowanie do wszystkich organizacji, niezależnie od typu, wielkości i charakteru [Norma ISO IEC 27001, 2023]. SZBI zgodny z normą PN-EN ISO/IEC 27001:2023-08 w swoich założeniach zapewnia zachowanie poufności, integralności i dostępności informacji w wyniku stosowania procesu zarządzania ryzykiem i dostarcza stronom zainteresowanym pewności, że ryzyka są odpowiednio zarządzane. System Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji powinien być częścią procesów funkcjonujących w organizacji oraz ogólnej struktury zarządzania i być z nimi zintegrowany. Integracja procesów biznesowych powinna być dwukierunkowa. Przykładowo procesy stanowiące podstawę działania organizacji powinny być zgodne z założeniami wdrożonego SZBI przez cały swój cykl życia. Wśród wymagań najnowszej normy na szczególną uwagę zasługują wymagania dotyczące ustalania kryteriów dla procesów operacyjnych i wdrażania zabezpieczeń dla tych procesów. Obejmuje to nie tylko procesy zarządzania poufnością, integralnością i dostępnością informacji, ale także procesy, które są potrzebne do skutecznego wdrożenia systemu, takie jak audyt wewnętrzny, przegląd zarządzania i inne, w tym procesy, które są wykonywane przez dostawców zewnętrznych [Norma ISO/IEC 27001, 2023].

Wnioski

Firmy, które zdają sobie sprawę z kluczowego znaczenia bezpieczeństwa i ochrony informacji w realizacji swoich działań, starają się wyszukiwać jak najlepsze rozwiązania w tym zakresie. Jako takie rozwiązanie coraz więcej organizacji przyjmuje wdrożenie i utrzymanie Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji (SZBI) zgodnego z wymaganiami normy ISO/IEC 27001

(w Polsce aktualna norma występuje w wersji PN-EN ISO/IEC 27001:2023). Norma ISO/IEC 27001:2023 stanowi zbiór zaleceń, wymagań oraz dobrych praktyk, których wdrożenie do systemu bezpieczeństwa informacji zagwarantuje jego niezawodność oraz zapewni dbałość o zachowanie wysokiej jakości wymienianych informacji. Zgodnie z definicją zawartą w normie ISO/IEC 27002 (wcześniej ISO/IEC 17799) system zarządzania bezpieczeństwem informacji należy rozumieć jako: „część całościowego systemu zarządzania, opracowana na podejściu wynikającym z ryzyka biznesowego, odnosząca się do ustanawiania, wdrażania, eksploatacji, monitorowania, utrzymania i doskonalenia bezpieczeństwa informacji” [Norma ISO/IEC 27002, 2022]. Według wskazań zapisów w normie ISO/IEC 17799, aby zapewnić odpowiednio wysoki poziom bezpieczeństwa informacji, organizacje muszą stosować podejście procesowe w ramach opracowanej i przyjętej polityki bezpieczeństwa. Obejmuje to identyfikację zagrożeń oraz realizację wielu działań, które angażują konkretne zasoby i wymagają odpowiedniego zarządzania procesami.

Istnieje wiele korzyści dla organizacji, które płyną z wdrożenia systemu zarządzania zgodnego z normą ISO/IEC 27001. Przede wszystkim normy te zapewniają w sposób systemowy syntetyczne podejście do zarządzania bezpieczeństwem informacji, co pozwala na skuteczną ochronę danych przed wszelkimi incydentami związanymi z nieautoryzowanym dostępem, kradzieżą czy utratą. Wdrożenie i utrzymanie systemu zarządzania zgodnego z normą ISO/IEC 27001 i spełniającego jej wymogi oraz wszelkie wymagania prawne oraz regulacyjne zewnętrzne i wewnętrzne dotyczące ochrony danych, co jest istotne w kontekście dynamicznie ewoluujących i coraz bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących ochrony informacji w organizacji, pozwala na identyfikację potencjalnych zagrożeń i wdrożenie odpowiednich środków zapobiegawczych. Może to przyczynić się m.in. do zwiększenia zaufania klientów i partnerów biznesowych, co jest szczególnie istotne we współpracy z innymi organizacjami, kiedy bezpieczeństwo oraz niezawodność są elementami kluczowymi. W oczywisty sposób przyczynia się to do zwiększenia konkurencyjności firmy na rynku. Wielu potencjalnych partnerów biznesowych jako wymóg współpracy stawia bowiem zgodność systemu zarządzania organizacji z wymaganiami normy potwierdzonej certyfikatem przez jednostkę autoryzowaną przez krajową jednostkę akredytującą. Ponieważ polskie normy są honorowane poza granicami kraju, wydane w naszym kraju certyfikaty honorowane są także przez partnerów zagranicznych.

Literatura

- Alves-Foss J., Rincke D.F., Saghi G. (1997), *Applying the TCSEC Guidelines to a Real-Time Embedded System Environment*, Department of Computer Science, University of Idaho, Moscow, https://www.researchgate.net/publication/268004856_APPLYING_THE_TCSEC_GUIDELINES_TO_A_REAL-TIME_EMBEDDED_SYSTEM_ENVIRONMENT.
- Armstrong M. (2007), *Zarządzanie zasobami ludzkimi*, Wolters Kluwer, Kraków, Warszawa.
- Arnason S.T., Willett K.D. (2007), *How to Achieve 27001 Certification, An Example of Applied Compliance Management*, Auerbach Publications.
- Billewicz G. (2012), *Systemy informatyczne zarządzania klasy ERP w procesie transformacji współczesnej organizacji*, „Studia Ekonomiczne”, nr 100, s. 57-69.
- Gibson W. (1984), *Neuromancer*, Ace Books, Kanada (pierwsze wydanie polskie 1992 Alkazar i Fenix Publications).
- Jaroszewska I.A. (2017), *Wybrane aspekty przestępczości w cyberprzestrzeni. Studium prawnokarne i kryminologiczne*, Olsztyn.
- Krawiec J. (2017), *System zarządzania bezpieczeństwem informacji – zabezpieczenia*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki, Zarządzania i Administracji w Warszawie”, Warszawa, t. 15, nr 1(38), s. 46-59.
- Kuraś M. (2009), *System informacyjny a system informatyczny – co oprócz nazwy różni te dwa obiekty*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 770, s. 259-275.
- Liderman K. (2017), *Przegląd wybranych standardów i norm z zakresu bezpieczeństwa informacyjnego*, „Przegląd Teleinformatyczny”, t. 5, nr 4(45), s. 3-34.
- Michałowska M., Hassa E. (2022), *Cyberbezpieczeństwo a zarządzanie tożsamością w czasie pandemii – analiza przykładów zagrożeń*, „Studia Administracji i Bezpieczeństwa”, t. 12(12), s. 99-118.
- Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji (2010), *Rządowy program ochrony cyberprzestrzeni Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2011-2016*, Warszawa.
- Norma ISO/IEC 27001 (2023), PN-EN ISO/IEC 27001:2023-08 – wersja angielska – Bezpieczeństwo informacji, cyberbezpieczeństwo i ochrona prywatności – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Wymagania, data publikacji 22-08-2023, PKN Warszawa.
- Norma ISO/IEC 27002 (2022), PN-EN ISO/IEC 27002:2023-01 – wersja angielska – Bezpieczeństwo informacji, cyberbezpieczeństwo i ochrona prywatności – Zabezpieczanie informacji, data publikacji 23-01-2023, PKN, Warszawa.
- Orange Book (1985), *Department of defense trusted computer system evaluation criteria*, Department of Defense Standard, Washington, <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA207905>.

- Ottis R., Lorents P. (2011), *Cyberspace: Definition and Implications*, 5th European Conference on Information Management and Evaluation, ECIME, s. 267-270.
- PCA (2016), Ustawa o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (t.j. Dz.U.2022 poz. 1854).
- PE (2008), Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z 2008-07-09.
- PKN (2002), Ustawa z 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. z 2015 r. poz. 1483).
- Pomarańczowa Księga (2024), *Pomarańczowa księga. Zarządzanie ryzykiem – zasady i koncepcje*, Ministerstwo Skarbu Jej Królewskiej Mości, https://www.ca.pw.edu.pl/content/download/3103/35463/file/1_Pomaranczowa%20ksiega%20_MF_2004.pdf.
- Sołtysik A. (2015), *Wspieranie procesów pozyskiwania, kreowania i utrzymania kapitału ludzkiego w organizacji opartej na wiedzy. Wstępne wyniki badań*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 243, s. 274-294.
- Stanik J., Kiedrowicz M., Protasowicki T. (2024), *Wybrane aspekty standaryzacji w ochronie publicznych zasobów informacyjnych i świadczonych usług w kontekście społeczeństwa informacyjnego*, Muzeum Historii Polski, „Ekonomiczne Problemy Usług”, nr 113, s. 113-130.
- Statut PCA (2018), Statut PCA, Obwieszczenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu zarządzenia Ministra Rozwoju w sprawie nadania statutu PCA z 2018-07-23.
- Taczkowska-Olszewska J., Chałubińska-Jentkiewicz K., Nowikowska M. (2019), *Retencja, migracja i przepływy danych w cyberprzestrzeni. Ochrona danych osobowych w systemie bezpieczeństwa państwa*, C.H. Beck, Warszawa.

Witryny internetowe

- [www1] Szpilka J., *Zarządzanie procesowe*, Encyklopedia Zarządzania, https://mfiles.pl/pl/index.php/Zarządzanie_procesowe#google_vignette (dostęp: 16.06.2024).
- [www2] <https://nordvpn.com/pl/blog/ataki-hakerskie/> (dostęp: 9.06.2024).
- [www3] <https://periculum.pl/pomaranczowa-ksiega-w-nowej-odslonie/> (dostęp: 15.06.2024).
- [www4] <https://nfsec.pl/security/120> (dostęp: 30.05.2024).
- [www5] <https://www.isoqar.pl/pl/aktualnosci/bezpieczenstwo-informacji/jakie-normy-naleza-do-rodziny-iso-27000> (dostęp: 30.05.2024).

Przegląd współczesnych tendencji doboru i wdrażania systemów informatycznych oraz rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji w polskim przemyśle

Wprowadzenie

Postępująca cyfryzacja oraz dynamiczny rozwój technologii informatycznych i sztucznej inteligencji (AI) w przemyśle są kluczowymi elementami rewolucji przemysłowej czwartej generacji. W erze Przemysłu 4.0 przedsiębiorstwa zmuszone są nie tylko do adaptacji do nowych warunków rynkowych, ale również do implementacji innowacyjnych rozwiązań technologicznych, które zwiększają konkurencyjność i efektywność operacyjną [Siuta-Tokarska, 2021]. Sztuczna inteligencja odgrywa także coraz większą rolę w przemyśle, oferując szerokie możliwości: optymalizację procesów produkcyjnych, zapobieganie awariom i przestojom oraz szczegółową analizę danych.

Niniejszy rozdział ma na celu przeanalizowanie współczesnych tendencji w zakresie wdrażania systemów informatycznych i rozwiązań opartych na AI w polskim przemyśle. Z tego powodu szczególną uwagę poświęcono identyfikacji kluczowych technologii, takich jak ERP, MES, WMS, CMMS i SCADA, oraz ich wpływowi na optymalizację procesów produkcyjnych. Ponadto zaprezentowano wyzwania i motywacje przedsiębiorstw związane z wdrażaniem tych technologii, a także kryteria wyboru optymalnych rozwiązań.

Na poczet tej publikacji przeprowadzono badania, w których wykorzystano metody analizy literatury oraz przegląd aktualnych raportów branżowych, takich jak raport Gartnera „2024 Tech Trends in Manufacturing”. Dokonano też przeglądu i analizy dostępnych danych statystycznych (m.in. Statista, GUS). To pozwoliło zidentyfikować główne kierunki rozwoju technologii w sektorze produkcyjnym.

W celu lepszego określenia trendów i potrzeb polskiego przemysłu przeanalizowano dane dotyczące wdrażania technologii IT w przedsiębiorstwach, uwzględniając kluczowe wskaźniki, takie jak poziom inwestycji, efektywność operacyjna oraz adaptacja AI w procesach produkcyjnych. Szczególny nacisk położono na interpretację wyzwań związanych z kosztami, kompetencjami oraz zarządzaniem zmianą.

Dzięki temu możliwe było zidentyfikowanie zarówno potencjału technologicznego, jak i barier, które mogą wpływać na skuteczność wdrażania nowoczesnych rozwiązań w przemyśle.

19.1. Charakterystyka sektora przemysłowego w Polsce

Według raportu Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 2023 roku w Polsce w sektorze przemysłowym było zatrudnionych ponad 5 mln osób [Główny Urząd Statystyczny, 2024]. Warto również zauważyć, że Polska znajduje się wśród 10 państw świata o najwyższym odsetku zatrudnionych w przemyśle, co potwierdzają dane opublikowane przez Statista [Statista].

W naszym kraju sektor usług dla przemysłu, szczególnie w obszarze centrów usług wspólnych (SSC) oraz outsourcingu procesów biznesowych (BPO), dynamicznie się rozwija. Według raportu Michael Page spośród 330 000 osób zatrudnionych w tym sektorze w całym regionie Europy Środkowo-Wschodniej (CEE) 150 000 to Polacy. Przewiduje się, że liczba ta wzrośnie do 200 000 w ciągu kilku lat [Michael Page, 2024]. Polskie przedsiębiorstwa i miasta aktywnie działają na rzecz przyciągania nowych inwestycji. Najwięcej takich działań notuje się w Warszawie i Krakowie, choć raport wskazuje, że do miast o bardzo wysokim potencjale wzrostu należą również Katowice oraz Trójmiasto.

Nie bez znaczenia jest także sektor IT, który dostarcza zaawansowane technologie i usługi dla polskiego przemysłu. Przykładem tego typu firmy jest explitia, która specjalizuje się w tworzeniu zaawansowanych systemów informatycznych oraz digitalizacji zakładów produkcyjnych.

Można z całą pewnością stwierdzić, że polski przemysł charakteryzuje się dużą liczbą zatrudnionych osób, stanowiąc tym samym znaczący kapitał pracowniczy [Lipińska-Grobelny, 2023].

Firmy produkcyjne przechodzą z linii montażowych opartych na maszynach do inteligentnych fabryk. Wzrost inwestycji w technologie IT w sektorze przemysłowym jest wyraźny. Przyjęcie technologii zmienia całą branżę. Automatyzacja i digitalizacja zwiększają bowiem produktywność i łagodzą niedobory siły roboczej, a analiza danych poprawia prognozowanie i łagodzi zakłócenia w łańcuchu dostaw [Bendkowski, 2017].

Według raportu „2024 Tech Trends in Manufacturing: Insights to Attract and Retain Software Buyers” opublikowanego przez Gartner w 2024 roku ponad połowa producentów planuje zwiększyć swoje wydatki na oprogramowanie o 10% lub więcej w porównaniu z 2023 rokiem. Wynika to z rosnącej potrzeby poprawy efektywności operacyjnej, lepszego zarządzania danymi oraz uzyskania przewagi konkurencyjnej. Ponadto z raportu wynika, że 67% CIO w sektorze produkcyjnym priorytetowo traktuje poprawę modeli operacyjnych poprzez cyfryzację [Gartner, 2023].

19.2. Rodzaje systemów informatycznych w zakładzie produkcyjnym i wyzwania z nimi związane

Polskie zakłady przemysłowe znajdują się w centrum cyfrowej rewolucji, w której nowe technologie fundamentalnie zmieniają sposób zarządzania parkami maszynowymi i procesami produkcyjnymi. Cyfryzacja pozwala na lepsze zarządzanie zakładem w obliczu: zmieniających się warunków, wytycznych, rosnących kosztów mediów, trudności kadrowych oraz niespodziewanych zmian geopolitycznych [Kuźmińska-Sołśnia, 2021]. W erze Przemysłu 4.0 przedsiębiorstwa wdrażają zaawansowane systemy informatyczne, które umożliwiają bardziej elastyczne, wydajne i ekologiczne prowadzenie działalności.

Warto jednak pamiętać, że każdy biznes ma swoją specyfikę. W przypadku firm produkcyjnych najważniejsze jest uzyskanie synergii między maszynami, ludźmi i systemami. W biznesach opartych na usługach tematu maszyn praktycznie nie ma. Mamy co najwyżej ludzi i systemy wspierające. W zakładach produkcyjnych dochodzi aspekt maszyn, który z biegiem czasu, wraz z automatyzacją i cyfryzacją, stanowi nierzadko największe pole do uzyskania efektywności.

Optymalizacja maszyn i robotów często przynosi większe korzyści niż optymalizacja ludzkiej pracy. Jeśli ktoś wdraża system informatyczny w firmie produkcyjnej, działającej między maszynami, ludźmi i systemami, powinien zadać sobie pytanie: jaki efekt chce uzyskać na koniec? Czy narzędzie ma rozwiązywać jeden konkretny problem, czy może po drodze ma odpowiadać za kilka kolejnych elementów?

Dobór odpowiedniego systemu informatycznego do przedsiębiorstwa produkcyjnego jest kluczowy i wiąże się z wieloma wyzwaniami. Należy uwzględnić specyfikę danych procesów wytwórczych oraz różnice między systemami automatycznego i manualnego obiegu danych.

Dobór systemu informatycznego powinien być dostosowany do specyfiki przedsiębiorstwa. Nie każdy system będzie odpowiedni dla każdej firmy, dlatego ważne jest, aby dokładnie przeanalizować potrzeby i wymagania przedsiębiorstwa przed podjęciem decyzji o zakupie i wdrożeniu systemu. Kluczowe jest, aby system wspierał unikalne procesy biznesowe i operacyjne firmy, a także był zgodny z jej długoterminową strategią rozwoju. Zastosowanie uniwersalnych rozwiązań może nie zawsze przynieść oczekiwane rezultaty, podczas gdy systemy dedykowane mogą lepiej odpowiadać na specyficzne potrzeby [Wieczorkowski, 2013].

Warto jednak pamiętać o złotym środku między rozwiązaniami w pełni dedykowanymi, napisanymi pod klienta, a sprawdzonymi i przetestowanymi już modułami. Rozwiązania dedykowane są często bardziej elastyczne i precyzyjnie dopasowane do wymagań firmy, ale mogą być kosztowne i czasochłonne w implementacji. Z kolei gotowe moduły są zazwyczaj tańsze i szybciej wdrażane, ale mogą nie oferować pełnej funkcjonalności wymaganej przez firmę. Dlatego przedsiębiorstwa muszą dokładnie ocenić swoje potrzeby, budżet oraz harmonogram wdrożenia, aby znaleźć optymalny kompromis między tymi dwoma podejściami.

Systemy automatycznego obiegu danych umożliwiają automatyzację procesów biznesowych poprzez zbieranie i przetwarzanie danych bez udziału człowieka. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie efektywności, redukcja błędów oraz przyspieszenie przepływu informacji. Automatyzacja pozwala na ciągłe monitorowanie i analizę danych w czasie rzeczywistym, co ułatwia podejmowanie szybkich i trafnych decyzji.

W przeciwieństwie do powyższego, systemy manualne wymagają ręcznego wprowadzania danych przez pracowników, co może prowadzić do błędów ludzkich, opóźnień w przetwarzaniu informacji oraz zwiększenia kosztów operacyjnych. Ręczne wpisywanie danych jest czasochłonne i mniej dokładne, co może negatywnie wpływać na jakość informacji i efektywność operacji. W kontekście rosnącej złożoności procesów produkcyjnych i ilości przetwarzanych danych przejście na systemy automatyczne staje się często konieczne, aby utrzymać konkurencyjność na rynku.

W Polsce sektor średnich i dużych przedsiębiorstw produkcyjnych wykazuje coraz większe zainteresowanie wdrażaniem systemów informatycznych, takich jak Enterprise Resource Planning (ERP) i Manufacturing Execution System (MES). Z danych IDC wynika, że około 60% średnich i dużych firm produkcyjnych w naszym kraju już korzysta z systemu ERP [Veronesi i in., 2023]. Jest to znaczący odsetek, biorąc pod uwagę skalę i złożoność tych rozwiązań. Mimo to nadal istnieje duża grupa zakładów produkcyjnych, które nie korzystają z systemu do planowania zasobów przedsiębiorstwa.

Ponadto badanie wykazało, że z systemu MES korzysta zaledwie około 40% polskich zakładów produkcyjnych. Wskazuje to na znaczący potencjał do dalszego wdrażania tych technologii, które mogą przynieść znaczne korzyści w zakresie optymalizacji procesów produkcyjnych, poprawy jakości i zwiększenia efektywności operacyjnej [Veronesi i in., 2023].

Należy pamiętać, że każdorazowo wdrożenie systemu informatycznego w firmie produkcyjnej wiąże się z koniecznością dokładnego zmapowania obecnych procesów biznesowych i zastanowienia się, na ile chcemy dostosować system pod te procesy, a na ile możemy je zoptymalizować pod systemy już dostępne na rynku. To niezwykle ważne m.in. pod względem kosztów. Często przedsiębiorstwa kupują coś, czego aktualnie im brakuje, patrząc jedynie na ten konkretny brak, nie biorąc pod uwagę całego otoczenia.

O ile w firmach usługowych zazwyczaj mówimy o systemie do zarządzania zasobami przedsiębiorstwa, o tyle w firmach produkcyjnych dochodzi jeszcze wiele kwestii, takich jak magazyn, sprzedaż, zarządzanie parkiem maszynowym i jego aktywnością, a także zarządzanie remontami urządzeń i maszyn.

W związku z tym istnieje wiele systemów rozwiązujących te elementy. Wymaga to wiedzy, gdzie wyznaczyć linię kompetencyjną między nimi.

System ERP integruje różne funkcje biznesowe, takie jak księgowość, zarządzanie zasobami ludzkimi, zakupy, sprzedaż, magazynowanie i produkcję, w jedną zintegrowaną aplikację. ERP (Enterprise Resource Planning) pozwala na automatyzację i optymalizację procesów biznesowych, zwiększając efektywność i redukując koszty operacyjne. Oprócz integracji i automatyzacji, systemy ERP oferują także zaawansowane narzędzia analityczne, które umożliwiają dokładne raportowanie i monitorowanie wydajności w czasie rzeczywistym. Pozwalają również na lepsze zarządzanie relacjami z klientami (CRM) oraz dostawcami [Miłoś, 2006].

Rozwiązanie MES (Manufacturing Execution System) to zaawansowany system informatyczny, który umożliwia monitorowanie, kontrolę i optymalizację procesów produkcyjnych w czasie rzeczywistym. MES zbiera dane bezpośrednio z maszyn i urządzeń, pozwalając na bieżąco śledzić postępy produkcji, identyfikować problemy oraz optymalizować wydajność. System wspomaga planowanie i harmonogramowanie produkcji, zarządzanie zasobami oraz alokację zadań, co minimalizuje przestoje i maksymalizuje efektywność. MES integruje narzędzia do kontroli jakości, umożliwiając wczesne wykrywanie niezgodności i szybkie działania korygujące. Umożliwia także zarządzanie przepływem materiałów i komponentów, optymalizując logistykę i redukując zapasy. Dodatkowo wspiera zarządzanie utrzymaniem ruchu poprzez planowanie działań konserwacyjnych, co zwiększa dostępność maszyn i wydłuża ich żywotność. System MES

zarządza dokumentacją produkcyjną i śledzeniem partii, zapewniając pełną transparentność i zgodność z normami jakości. Dzięki integracji z innymi systemami, takimi jak ERP i SCADA, MES, umożliwia pełną synchronizację danych, co prowadzi do bardziej efektywnego zarządzania całym cyklem produkcyjnym [Banaszak, Kłos, Mleczko, 2011].

System WMS (Warehouse Management System) wspomaga zarządzanie magazynem, umożliwiając kontrolę i optymalizację procesów związanych z przyjmowaniem, przechowywaniem i wysyłką towarów. WMS pozwala na automatyzację procesów magazynowych, poprawiając efektywność i dokładność operacji magazynowych. Systemy WMS oferują funkcje, takie jak: zarządzanie zapasami, optymalizację przestrzeni magazynowej, śledzenie towarów w czasie rzeczywistym oraz zarządzanie pracą magazynową. Umożliwiają one również integrację z systemami ERP, co pozwala na lepsze zarządzanie całym łańcuchem dostaw i zwiększa przejrzystość operacji logistycznych.

CMMS (Computerized Maintenance Management System) to system informatyczny wspomagający zarządzanie utrzymaniem ruchu. Umożliwia planowanie, monitorowanie i zarządzanie pracami konserwacyjnymi, naprawczymi oraz serwisowymi. Dzięki CMMS możliwe jest zwiększenie efektywności utrzymania ruchu, zminimalizowanie przestojów maszyn i redukcja kosztów konserwacji. Systemy CMMS oferują funkcje, takie jak: zarządzanie harmonogramami przeglądów i napraw, śledzenie historii remontów, zarządzanie zapasami części zamiennych oraz monitorowanie stanu maszyn.

System SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) służy do nadzoru, monitorowania i sterowania procesami przemysłowymi. Umożliwia zbieranie danych z różnorodnych urządzeń pomiarowych – czujników i kontrolerów – a także ich analizę oraz wykorzystywanie tych danych do sterowania procesami produkcyjnymi. SCADA integruje informacje z różnych punktów w zakładzie produkcyjnym, zapewniając operatorom kompleksowy wgląd w działanie systemu w czasie rzeczywistym. To pozwala na szybkie reagowanie na wszelkie nieprawidłowości i optymalizację operacji produkcyjnych. Dzięki temu rozwiązaniu przedsiębiorstwa mogą lepiej zarządzać zasobami, minimalizować ryzyko przestojów i szybko adaptować się do zmieniających się warunków produkcyjnych. Systemy SCADA oferują również zaawansowane funkcje raportowania i analizy danych [Twaróg i in., 2013].

19.3. Specyfika i etapy procesu zakupowego nowych technologii w przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz jego ograniczenia na drodze do cyfryzacji

Zakup nowych technologii, w tym systemów informatycznych czy rozwiązań opartych na AI, w przedsiębiorstwie produkcyjnym wymaga starannego planowania i przemyślenia. Obecnie proces zakupowy często przypomina proces zakupu maszyny, jednak w rzeczywistości jest to znacznie bardziej złożony proces. Badania zawarte w raporcie Spiceworks „The 2024 State of IT” wskazują, że mimo zwiększonych budżetów na wdrażanie nowych technologii, przedsiębiorcy nie zawsze są zadowoleni z wyników. Aż 84% uczestników badania przyznało, że wypracowanie potrzebnych rozwiązań zajęło zbyt dużo czasu. Ponadto 56% firm nie osiągnęło odpowiednich zwrotów z inwestycji, a co druga firma stwierdziła, że komunikacja podczas projektu pomijała kluczowych interesariuszy, a pracownicy nie zostali odpowiednio przeszkoleni. W rezultacie potencjał systemu nie jest w pełni wykorzystywany. Aby rozwiązania spełniały indywidualne potrzeby firmy i były komplementarne z istniejącymi systemami i narzędziami, należy podejść do procesu zakupu metodycznie i z dużą uwagą na szczegóły [Aberdeen Strategy & Research, 2024].

Określenie celów i wymagań dla nowego rozwiązania jest pierwszym krokiem. Trzeba jasno zidentyfikować, jakie problemy ma rozwiązać nowy system, jakie funkcje są niezbędne oraz jakie są ograniczenia budżetowe i czasowe. Precyzyjne zrozumienie tych potrzeb jest fundamentem skutecznego wdrożenia.

Konsultacje ze specjalistami IT oraz przedstawicielami różnych działów firmy są kluczowe dla doprecyzowania wymagań i opracowania mapy drogowej cyfryzacji. Eksperti mogą dostarczyć cennych wskazówek na temat najnowszych technologii, możliwych rozwiązań oraz integracji z istniejącymi systemami. Taka współpraca pozwala również na zidentyfikowanie potencjalnych problemów na wczesnym etapie.

Przegląd i analiza ofert dostawców systemów IT to kolejny istotny krok. Ważne jest, aby ocenić nie tylko koszt i funkcjonalność proponowanych rozwiązań, ale także skalowalność narzędzia, możliwość integracji z istniejącymi systemami, wsparcie techniczne oraz referencje od innych klientów. Szczegółowa analiza pozwala na wybór dostawcy, który najlepiej odpowiada potrzebom danego przedsiębiorstwa.

Przeprowadzenie projektu pilotażowego przed pełnym wdrożeniem systemu jest niezbędne. Testowanie wybranego systemu w kontrolowanych warunkach umożliwia weryfikację jego funkcjonalności, identyfikację potencjalnych pro-

blemów oraz ocenę wpływu na procesy produkcyjne. Pilotaż jest również okazją do wprowadzenia korekt przed pełnym wdrożeniem.

Kluczowe jest zaangażowanie wszystkich osób zainteresowanych w proces wdrożenia nowego systemu IT. Współpraca między działami i transparentna komunikacja są niezbędne, aby mieć pewność, że wszystkie potrzeby są uwzględnione, a wszelkie wątpliwości rozstrzygnięte. Zaangażowanie personelu na każdym etapie procesu zwiększa akceptację i efektywność wdrożenia.

Po zakończeniu pilotażu konieczne jest dokładne wnioskowanie i analiza tych wyników. Pozwoli to na ocenę skuteczności rozwiązania, identyfikację ewentualnych problemów oraz dostosowanie strategii przed pełnym wdrożeniem. Wnioskowanie na podstawie pilotażu minimalizuje ryzyko i pozwala na optymalizację procesu.

Po pomyślnym pilotażu można przystąpić do wdrożenia systemu w całym przedsiębiorstwie. Implementacja powinna być przeprowadzona zgodnie z opracowanym planem, z uwzględnieniem harmonogramu, alokacji zasobów oraz koordynacji działań między różnymi obszarami firmy. Kluczowe jest także zapewnienie ciągłości operacji podczas przejścia na nowy system.

Zakup i wdrożenie nowych technologii w przedsiębiorstwie produkcyjnym to proces złożony i wymagający, ale przy odpowiednim podejściu i starannym planowaniu możliwe jest osiągnięcie znacznych korzyści operacyjnych i strategicznych [Stelmach, 2024].

Wdrożenie systemu IT w przedsiębiorstwie produkcyjnym może napotkać na różne ograniczenia, które mogą znacząco wpłynąć na proces transformacji cyfrowej. Do podstawowych wyzwań należy zaliczyć poniższe aspekty.

Wiele firm obawia się, że wdrożenie zaawansowanych systemów informacyjnych wiąże się z wysokimi kosztami. Projekty IT często realizowane są w modelu *fix price*, co rzeczywiście generuje duże jednorazowe inwestycje. Na szczęście istnieją alternatywne rozwiązania, które mogą zmniejszyć początkowe koszty.

Jednym z rozwiązań jest model abonamentowy, popularny w sektorze B2C, który zyskuje na znaczeniu w biznesie. Firmy płacą miesięczne abonamenty za dostęp do oprogramowania, co pozwala na korzystanie z najnowszych technologii bez dużych jednorazowych kosztów. Subskrypcje mogą być księgowane jako bieżące koszty operacyjne.

Kolejną metodą obniżenia kosztów wdrożenia technologii jest chmura obliczeniowa. Zamiast inwestować we własną infrastrukturę IT, firmy mogą korzystać z zasobów chmurowych. To pozwala na redukcję kosztów związanych z nowym oprogramowaniem oraz zapewnia elastyczność i skalowalność zasobów, co jest korzystne dla dynamicznie rozwijających się przedsiębiorstw.

Decydenci często obawiają się wysokich kosztów związanych z wdrożeniem nowych technologii oraz niepewności co do osiągnięcia zamierzonych rezultatów. Brak pełnej świadomości na temat korzyści, jakie mogą przynieść nowoczesne systemy IT, często hamuje proces cyfryzacji. Niezrozumienie potencjału, jaki niesie ze sobą automatyzacja i integracja procesów, może prowadzić do oporu przed inwestycjami w technologie.

Globalne podejście do wdrażania zmian często nie przynosi oczekiwanych rezultatów. Zamiast tego, podział procesu na mniejsze etapy jest bardziej efektywny. Realizacja pojedynczych zadań i osiąganie mikrocelów motywuje do dalszego działania [Stelmach, 2024].

W branży produkcyjnej wiele firm stara się wdrożyć nowe technologie natychmiastowo, bez odpowiedniego planu i przygotowania. Lepszym podejściem jest stopniowe wprowadzanie poszczególnych elementów lub obszarów nowoczesnych rozwiązań, co pozwala na adaptację do zmieniających się warunków oraz bieżące weryfikowanie potrzeb firmy. Elastyczność jest kluczowa, umożliwia dostosowanie się do specyficznych potrzeb produkcji i reagowanie na nie w odpowiednim czasie. Stopniowe wdrażanie nowych technologii pozwala także na odkrywanie dodatkowych możliwości optymalizacji procesów.

Najlepszą techniką wprowadzania zmian jest metoda małych kroków. Proces cyfryzacji należy podzielić na etapy, tworząc plan wdrażania projektów pilotażowych. To umożliwia testowanie nowych technologii w przedsiębiorstwie, dając pracownikom czas na adaptację i naukę obsługi systemów.

W przedsiębiorstwach często brakuje specjalistów, którzy potrafią samodzielnie zbudować mapę drogową transformacji cyfrowej, przeprowadzić skuteczny proces zakupowy i nadzorować wdrożenie systemu. Trudno się temu dziwić, ponieważ technologia i możliwości technologiczne zmieniają się naprawdę szybko. Jednak brak specjalistycznej wiedzy i jednoczesna chęć samodzielnego prowadzenia takich projektów mogą prowadzić do poważnych konsekwencji – nieefektywnego wykorzystania nowych technologii, znacznego przekroczenia założonego budżetu projektów lub stworzenia rozwiązania, które nie spełni oczekiwań przedsiębiorstwa. Te ograniczenia potwierdza raport „Measures to tackle labour shortages: Lessons for future policy” opublikowany przez Eurofound w 2023 roku [Weber i in., 2023]. Wskazuje on na problem niedoboru wysoko wykwalifikowanej kadry technicznej w różnych krajach europejskich, w tym w Polsce. Raport ten podkreśla, że jednym z głównych wyzwań jest brak umiejętności technicznych, co stanowi barierę dla wdrażania nowoczesnych technologii i cyfryzacji w sektorze produkcyjnym.

Wdrożenie nowych rozwiązań, takich jak przykładowo automatyzacja obiegu danych, stanowi istotną zmianę dla pracowników. Zarządzanie tą zmianą wyma-

ga odpowiedniego przygotowania oraz skutecznej komunikacji. Nieodpowiednie przeprowadzenie tego procesu może spotkać się z oporem zespołu, co utrudni wdrożenie nowych technologii. Kluczowe jest zapewnienie pracownikom świadomości korzyści płynących z innowacyjnych rozwiązań, organizowanie szkoleń oraz przedstawianie procesu cyfryzacji jako szansy na rozwój [Bukłaha, Cabała, 2022].

Zakłady produkcyjne często korzystają z różnorodnych maszyn i urządzeń pochodzących od różnych dostawców, co skutkuje różnicami w systemach sterowania i możliwościach komunikacji. Integracja takich zróżnicowanych systemów może być skomplikowana i kosztowna, wymagając dodatkowych zasobów i specjalistycznej wiedzy. Tu wsparciem może być odpowiednie, niezależne doradztwo technologiczne.

Ostatecznie wyzwania wymagają przemyślanego podejścia, zaangażowania ekspertów oraz skutecznego zarządzania zmianą, aby wdrożenie nowych technologii w zakładzie produkcyjnym mogło przynieść oczekiwane korzyści i poprawić efektywność operacyjną.

19.4. Jak sztuczna inteligencja usprawnia automatyzację obiegu danych i ich analizę w przemyśle

Zainteresowanie wykorzystaniem sztucznej inteligencji w biznesie rośnie w tempie wykładniczym. Według danych Statista wartość globalnego rynku AI ma wzrosnąć z 241,8 mld dolarów w 2023 roku do niemal 740 mld dolarów w 2030 roku [Statista]. Podobny trend można zaobserwować w sektorze przemysłowym. Raport EY „Jak polskie firmy wdrażają AI?” wskazuje, że aż 62% polskich firm produkcyjnych zdecydowało się na implementację AI, z czego 21% zakończyło już ten proces, a 41% jest w trakcie wdrożenia [EY, 2024].

Wyniki badania EY potwierdzają także rosnącą priorytetyzację inwestycji w technologie oparte na sztucznej inteligencji. Zakłady produkcyjne, które jeszcze nie wdrożyły AI, określiły priorytet tej inwestycji jako bardzo wysoki (14,6%) oraz wysoki (38,3%). Natomiast w firmach, które już zaimplementowały przynajmniej jedno rozwiązanie AI, priorytety te rosną i wynoszą odpowiednio 42,3% oraz 46,2% [EY, 2024].

Motywacje do wdrożenia AI w zakładach przemysłowych są różnorodne. Najczęściej obejmują one chęć usprawnienia procesów produkcyjnych oraz pozyskanie nowych klientów. Nie bez znaczenia są także projekty z zakresu IT i cyberbezpieczeństwa. Raport EY wykazał, że AI wspierająca procesy produk-

cyjne jest ważna dla aż 55,5% badanych, obsługa klienta natomiast dla 36,3% firm [EY, 2024]. Przedsiębiorstwa oczekują, że AI zoptymalizuje te obszary, co w konsekwencji przyczyni się do zwiększenia konkurencyjności na rynku.

W firmach produkcyjnych, oprócz informacji finansowych i know-how, gromadzi się dane specyficzne dla działalności operacyjnej, takie jak informacje o magazynowaniu czy kategoryzowaniu. Wdrożenie systemu AI w takich warunkach stanowi znaczne wyzwanie. Aby implantacja sztucznej inteligencji w procesie produkcyjnym była efektywna, kluczowe jest zautomatyzowanie obiegu danych [Zabroń, Wołoszyn, 2023].

Należy bowiem zauważyć, że podstawowymi informacjami, którymi dysponuje każda firma produkcyjna, są: liczba sztuk wyprodukowanych dziennie, liczba produktów wykonanych na maszynie oraz ilość zużytych surowców. Jednak te dane dla sztucznej inteligencji są niewystarczające. Konieczne jest posiadanie bardziej szczegółowych informacji, przede wszystkim tych związanych bezpośrednio z procesem produkcyjnym, jakością oraz efektywnością wytwarzania.

Rejestrowanie liczby wyprodukowanych towarów przez maszynę w trakcie zmiany produkcyjnej pozwala na analizę czasu cyklu i identyfikację ewentualnych problemów. Jeśli czas cyklu zgadza się z założeniami, nie ma czym się martwić. Jeśli jednak wartość się nie zgadza, konieczne jest zrozumienie przyczyn rozbieżności – czy była to awaria maszyny, zużycie narzędzi, czy inne czynniki. Zwiększenie rozdzielczości danych sprawia, że firmy mają dostęp do bardziej szczegółowych informacji, które pozwalają na identyfikację przyczyn problemów oraz osadzenie średniego czasu cyklu w szerszym kontekście. Podobnie jest z efektywnością i innymi składnikami biznesowymi. Dokładne monitorowanie parametrów jakościowych w sposób ciągły umożliwia znalezienie wielu korelacji między zmiennymi.

Implantacja AI w obszarze produkcyjnym wymaga więc skoncentrowania się na zwiększeniu szczegółowości danych oraz częstotliwości ich zbierania.

Jednym z kluczowych aspektów przy automatyzacji obiegu danych jest częstotliwość ich raportowania. Większość firm produkcyjnych zbiera dane co osiem godzin. Pozwala na monitorowanie liczby wyprodukowanych sztuk oraz zużycia surowców. Jednak dla efektywnego wdrożenia AI, taka częstotliwość również jest niewystarczająca. Procesy zbierania, przetwarzania i przechowywania danych muszą być zautomatyzowane, aby wyeliminować ryzyko błędów ludzkich, zwiększyć dokładność danych i umożliwić korelację z innymi informacjami.

Sztuczna inteligencja jest nieocenionym narzędziem w przetwarzaniu dużych ilości danych. Dzięki obszernym bazom danych i szerokim kontekstom AI może później dostarczać istotne informacje i sugerować zmiany [Zabroń, Wołoszyn, 2023].

szyn, 2023]. Przykładem może być predykcyjne utrzymanie ruchu, umożliwiające przewidywanie awarii na podstawie korelacji różnych parametrów.

Predykcyjne utrzymanie ruchu pozwala na przewidywanie awarii na podstawie analizy różnych zjawisk, które w przeszłości przyczyniły się do awarii. Na przykład analiza parametrów związanych z lepkością oleju i jego temperaturą w relacji do występujących awarii umożliwia przewidywanie potencjalnych uszkodzeń maszyn. Dzięki temu można zapobiegać przyszłym awariom i minimalizować przestoje produkcyjne.

Duża rozdzielczość danych i automatyzacja sposobu ich gromadzenia sprawiają, że sztuczna inteligencja umożliwia natychmiastową analizę danych [Siuta-Tokarska, 2021]. Eliminuje to konieczność czasochłonnej interpretacji, która wymaga specjalistycznej wiedzy. AI, korzystając z analityki i uczenia maszynowego, może generować raporty i wskazywać kluczowe obszary do poprawy.

Wnioski

Proces cyfryzacji jest wieloetapowy i złożony, szczególnie w branży produkcyjnej, gdzie integracja ludzi, maszyn oraz systemów jest koniecznością. Znalezienie odpowiednich rozwiązań technologicznych, które będą wspierać efektywność operacyjną przedsiębiorstwa w tych warunkach, stanowi znaczące wyzwanie dla kadry zarządzającej. Ponadto stały i szybki rozwój innowacji, zmieniające się technologie oraz rosnące wymagania rynku sprawiają, że bez fachowej wiedzy wybór adekwatnych narzędzi staje się niezwykle skomplikowany. Niemniej jednak cyfryzacja i wdrażanie nowych technologii są niezbędne, aby produkować wyższej jakości towary, w sposób bardziej ekonomiczny oraz z większym poszanowaniem dla środowiska. Przedsiębiorstwa muszą więc być gotowe na ciągłe adaptacje i inwestycje w nowoczesne rozwiązania, które pomogą im zachować konkurencyjność.

Podjęcie decyzji o wyborze odpowiednich rozwiązań informatycznych wymaga dogłębnego zrozumienia specyficznych potrzeb przedsiębiorstwa, analizy dostępnych technologii oraz właściwego przeprowadzenia procesu zakupowego. Kluczowe jest też, aby wdrażane rozwiązania były nie tylko odpowiedzią na bieżące potrzeby, ale także elastyczne i skalowalne, co umożliwi ich długoterminowe wykorzystanie.

W zakładach przemysłowych powszechnie stosowane są m.in. systemy, takie jak: ERP, MES, WMS, CMMS i SCADA. Te rozwiązania nie tylko automatyzują i optymalizują procesy biznesowe, ale również zapewniają lepszą kontrolę i nadzór nad produkcją. Coraz częściej mówi się także o roli sztucznej

inteligencji w przemyśle. Chociaż należy zauważyć, że wdrożenie AI w sektorze produkcyjnym jest szczególnie skomplikowane, bowiem wymaga precyzyjnego podejścia oraz zaawansowanych technologii.

Na podstawie badań można wykazać, że wyniki są zadowalające. Według raportu EY „Jak polskie firmy wdrażają AI?” ponad 75% zakładów produkcyjnych, które zastosowały rozwiązania oparte na AI, osiągnęło zamierzone korzyści [EY, 2024].

Istnieją oczywiście obawy, które mogą wstrzymywać pełną transformację cyfrową w przemyśle. Wysokie koszty implementacji zostały wskazane przez 33% badanych, trudności technologiczne przez ponad 31%, a problemy procesowe i organizacyjne przez co czwartą osobę. Pomimo tych wyzwań, strategia małych kroków może przynieść znaczące rezultaty, przede wszystkim wzrost produktywności [EY, 2024]. Elastyczne, stopniowe i optymalne zarządzanie zmianą pozwoli na stały rozwój zakładu produkcyjnego.

Literatura

- Aberdeen Strategy & Research (2024), *The 2025 State of IT. Insights on IT Spending, Careers, and the Tech Trends Shaping the Year Ahead*, Spiceworks, www.spiceworks.com/research/state-of-it/ (dostęp: 27.05.2024).
- Banaszak Z., Kłos S., Mleczek J. (2011), *Zintegrowane Systemy Zarządzania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Bendkowski J. (2017), *Zmiany w pracy produkcyjnej w perspektywie koncepcji „Przemysłu 4.0”*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie”, nr 112, s. 21-33.
- Bukłaha E., Cabała P. (2022), *Przydatność wybranych koncepcji zarządzania zmianą w świecie VUCA*, „Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów”, t. 186, s. 119-131, <https://econjournals.sgh.waw.pl/SiP/article/view/3094/2785> (dostęp: 31.12.2024).
- EY (2024), *Jak polskie firmy wdrażają AI?*, www.assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/pl_pl/noindex/2023/ey-ai-raport.pdf (dostęp: 21.06.2024).
- Gartner (2023), *2024 Tech Trends in Manufacturing: Insights to Attract and Retain Software Buyers*, www.gartner.com/en/digital-markets/insights/2024-tech-trends-in-manufacturing (dostęp: 20.06.2024).
- Główny Urząd Statystyczny (2024), *Sytuacja społeczno-gospodarcza kraju w 2023 r.*, www.stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5498/1/140/1/sytuacja_spoleczno-gospodarcza_kraju_w_2023_r..pdf (dostęp: 19.06.2024).
- Kuźmińska-Solśnia B. (2021), *Rewolucja przemysłowa i jej wpływ na rynek pracy IT*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych”, nr 3, s. 63-74, https://edukacjaustawiczna.doroslych.eu/images/2021/3/05_3_2021.pdf (dostęp: 19.06.2024).

- Lipińska-Grobek A. (2023), *Różne oblicza pracy w czwartej rewolucji przemysłowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Michael Page (2024), *The SSC/BPO Sector in Poland: Trends, Facts and Figures*, www.michaelpage.pl/en/employer-centre/growing-market-shared-services-centres-poland/sscbpo-sector-poland-trends-and-facts (dostęp: 19.06.2024).
- Miłosz M. (2006), *Systemy Informatyczne Zarządzania – od teorii do praktyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Siuta-Tokarska B. (2021), *Przemysł 4.0 i sztuczna inteligencja: szansa czy zagrożenie dla realizacji koncepcji zrównoważonego i trwałego rozwoju*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, z. 65, s. 7-26.
- Statista, <https://www.statista.com> (dostęp: 17.06.2024).
- Stelmach A. (2024), *15 kroków do zakupu systemu informatycznego*, Wydawnictwo Adrian Stelmach, Katowice.
- Twaróg B., Gomółka Z., Żesławska E., Krytus P. (2013), *System nadzorujący i sterujący przebieg procesu technologicznego*, „Edukacja – Technika – Informacyjna”, nr 4, s. 424-430.
- Veronesi L., Casidsid M., Lee W.Y., Sharma R., Burian J. (2023), *IDC MarketScape: Worldwide Engineering-Intensive Manufacturing Execution Systems 2023 Vendor Assessment*, IDC, www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US49435622 (dostęp: 13.06.2024).
- Weber T., Adăscăliței D., Isusi I., Durán López J., Hahne A.S., Spielhofer T., Hadjivassiliou K. (2023), *Measures to Tackle Labour Shortages: Lessons for Future Policy*, Eurofound, www.eurofound.europa.eu/en/publications/2023/measures-tackle-labour-shortages-lessons-future-policy (dostęp: 20.06.2024).
- Wieczorkowski J. (2013), *Skala wykorzystywania technologii informacyjno-komunikacyjnych w gospodarce a standaryzacja i indywidualizacja oprogramowania*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy”, z. 32, s. 470-482.
- Zabroń M., Wołoszyn J. (2023), *Narzędzia Business Intelligence dedykowane do analityki Big Data*, „Dydaktyka Informatyki”, t. 18, s. 185-193.



NOTA O AUTORACH

Redaktorzy i zespół autorski w składzie:

Małgorzata Pańkowska, prof. dr hab., Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
malgorzata.pankowska@uekat.pl, ORCID: 0000-0001-8660-606X

Anna Sołtysik-Piorunkiewicz, dr hab. inż., prof. UE, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
anna.soltysik-piorunkiewicz@uekat.pl, ORCID: 0000-0002-7935-1377

Edyta Abramek, dr, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
edyta.abramek@uekat.pl, ORCID: 0000-0002-8517-424X

Anna Adamczyk, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
anna.adamczyk@uekat.pl, ORCID: 0000-0001-9418-7635

Jiri Balej, PhD, Mendel University in Brno, Czech Republic,
jiri.balej@mendelu.cz, ORCID: 0000-0002-6054-8700

Adam Chomicki, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
adam.chomicki@ue.wroc.pl, ORCID: 0009-0007-4691-2928

Karol Chlasta, dr, Akademia Leona Koźmińskiego w Warszawie,
kchlasta@kozminski.edu.pl, ORCID: 0000-0002-6539-566X

Witold Chmielarz, prof. dr hab., Uniwersytet Warszawski,
witek@wz.uw.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9189-1675

Beata Detyna, dr hab., prof. uczelni, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa,
bdetyna@ans.edu.pl, ORCID: 0000-0002-4854-8433

Helena Dudycz, dr hab., prof. UEW, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
helena.dudycz@ue.wroc.pl, ORCID: 0000-0002-4304-6207

Piotr Gawrysiak, dr hab. inż., prof. PW, Politechnika Warszawska,
piotr.gawrysiak@pw.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9647-6761

Marcin Hernes, dr hab. inż., prof. UEW, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
marcin.hernes@ue.wroc.pl, ORCID: 0000-0002-3832-8154

Marek Jabłoński, dr hab., prof. UEK, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie,
marekj@uek.krakow.pl, ORCID: 0000-0002-5464-7147

Maciej Krzan, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
maciej.krzan@ue.wroc.pl, ORCID: 0000-0001-5324-4285

Natalia Krzysik, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
177823@student.ue.wroc.pl, ORCID: 0009-0008-4659-1359

Blerita Leka (Moćka), PhD, prof. AUT, Agricultural University of Tirana, Albania,
bmocka@ubt.edu.al, ORCID: 0009-0000-6734-8237

Daniel Leka, Executive Master, Special Court of First Instance for Corruption and Organized
Crime, Tirana, Albania, lekadaniel@yahoo.com, ORCID: 0009-0003-6154-9996

Artur Machura, dr, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
artur.machura@ueakt.pl, ORCID: 0000-0002-3832-8154

Justyna Maciąg, dr hab., prof. UJ, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie,
justyna.maciag@uj.edu.pl, ORCID: 0000-0003-2833-4945

Jacek Mańko, mgr, Akademia Leona Koźmińskiego w Warszawie,
jmanko@kozminski.edu.pl, ORCID: 0000-0002-8545-4305

Patryk Morawiec, mgr inż., Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
patryk.morawiec@edu.uekat.pl, ORCID: 0000-0002-4130-2705

Michał Ostapowicz, mgr, Politechnika Warszawska,
michal.ostapowicz@pw.edu.pl, ORCID: 0000-0002-1486-0840

Joanna Palonka, dr hab., prof. UE, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
joanna.palonka@uekat.pl, ORCID: 0000-0001-5056-649X

Przemysław Polak, dr, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie,
ppolak@sgh.waw.pl, ORCID: 0000-0002-3128-4005

Anna Rojewska, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu,
189795@student.ue.wroc.pl, ORCID: 0009-0000-9745-0857

Andrzej Soltysik, dr, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
andrzej.soltysik@uekat.pl, ORCID: 0000-0003-3454-6792

Magdalena Soltysik, mgr, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,
magdalena.soltysik1@edu.uekat.pl, ORCID: 0009-0004-5843-4685

Maciej Suchomski, dr. ing., XTRAS forward thinking GmbH & Co. KG,
suchomski@xtras-log.de, ORCID: 0009-0000-4601-7404

Adrian Stelmach, mgr inż., EXPLITIA S.A.,
adrian.stelmach@explitia.com, ORCID: 0009-0003-4994-1231

Piotr Sylwestrzak, dr, Angelus Silesius University of Applied Sciences,
psylwestrzak@ans.edu.pl, ORCID: 0000-0002-0052-3368

Wydanie monografii „Sztuczna inteligencja i automatyzacja procesów biznesowych” pod redakcją Małgorzaty Pańkowskiej oraz Anny Sołtysik-Piorunkiewicz uzasadnia brak na polskim rynku wydawniczym kompleksowego opracowania tej tematyki. Monografia naukowa powinna przedstawiać wybrane zagadnienie w sposób oryginalny i twórczy. Monografia „Sztuczna inteligencja i automatyzacja procesów biznesowych” oba te kryteria spełnia. Zakres tematyczny monografii jest spójny. Autorzy poszczególnych rozdziałów uwzględniają wielowymiarowość tematyki monografii i badają różne wątki zarówno wykorzystania sztucznej inteligencji, jak i automatyzacji procesów biznesowych. Tematyka jest bardzo aktualna, ważna dla rozwoju nauki oraz dla praktyki biznesu.

z recenzji prof. dr hab. Doroty Jelonek

Rozdziały przesłane do recenzji odpowiadają na pytanie jakie są uwarunkowania tworzenia i zastosowania sztucznej inteligencji zarówno w sferze dydaktyki, jak i w kwestii cyberbezpieczeństwa. Są wynikiem studiów i przemyśleń Autorów, którzy dokonują analizy poruszanych problemów na przecięciu obszarów nauk o zarządzaniu, informatyki i prawa. Rozpatrują szczegółowe implikacje zastosowań i strategię ich osiągnięcia poparte głębokimi badaniami. Ze względu na interdyscyplinarny charakter tych rozważań prezentowane treści mogą zainteresować szerokie grono czytelników, ale głównie jest adresowana do pracowników naukowych i studentów pragnących poszerzyć swoją wiedzę z zakresu sztucznej inteligencji (AI) i robotyzacji procesów biznesowych.

Stwierdzić należy, że wszystkie recenzowane rozdziały mieściły się w aktualnych tendencjach badania rozwoju systemów informatycznych w oparciu o sztuczną inteligencję i zostały napisane na wysokim poziomie merytorycznym, a wiedza w nich zawarta wzbogaci świadomość i rozumienie tych zjawisk u potencjalnego czytelnika.

z recenzji prof. dr. hab. Witolda Chmielarza

ISBN 978-83-7875-940-9



Uniwersytet
Ekonomiczny
w Katowicach