

Sztuczna inteligencja

jako mechanizm tworzenia
zapotrzebowania na kompetencje
i kwalifikacje pracowników
w województwie mazowieckim –
perspektywa średnio- i długookresowa



AUTORZY RAPORTU Katarzyna Figiel,
Bartosz Frąckowiak, Weronika Rafał
KIEROWNIK PROJEKTU Bartosz Frąckowiak
WSPÓŁAUTORZY Łukasz Macander, Norbert Kołos
REDAKCJA Dariusz Kozdra, Kacper Nosarzewski
KOREKTA edycja360.pl
OPRACOWANIE GRAFICZNE Marcin Kiedio / kiedio.pl



4CF SP. Z O.O.

Pl. Trzech Krzyży 10/14, 00-499 Warszawa, Polska

NIP: 5252542950, REGON: 146403265, KRS: 0000440962



WOJEWÓDZKI URZĄD PRACY
w WARSZAWIE

Mazowsze.
serce Polski

Streszczenie menedżerskie

Raport analizuje wpływ sztucznej inteligencji na rynek pracy w województwie mazowieckim, ze szczególnym uwzględnieniem zmian w zapotrzebowaniu na kompetencje i kwalifikacje. W badaniu wykorzystano metody foresightowe, w tym badanie delfickie, przeprowadzono analizę trendów oraz zidentyfikowano sygnały zmian. Analiza skupia się na wpływie AI na sektory gospodarki regionu, identyfikacji kompetencji i kwalifikacji, które będą najbardziej pożądane w przyszłości w związku z rozwojem AI, oraz określeniu luk kompetencyjnych i możliwości ich zaadresowania. W badaniu uwzględniono specyfikę województwa mazowieckiego, w tym jego zróżnicowaną strukturę gospodarczą i demograficzną.

W toku analizy danych zastanych zidentyfikowano 15 trendów i zmian na rynku pracy związanych ze sztuczną inteligencją w perspektywie średnio- i długookresowej. Do każdego z nich przypisane zostały sygnały zmian. Trendy te uporządkowane w kolejności od największego do najmniejszego wpływu na mazowiecki rynek pracy to:

- ▶ Wzrost strukturalnego bezrobocia wywołanego AI
- ▶ Wzrost liczby nowych stanowisk pracy w wyniku rozwoju AI
- ▶ Zmiany struktury zatrudnienia w sektorze usług
- ▶ Postępująca automatyzacja zadań administracyjnych w kontekście rozwoju AI
- ▶ Postępująca automatyzacja procesów produkcyjnych
- ▶ Rosnące wykorzystywanie cobotów (robotów współpracujących z ludźmi) do optymalizacji zadań manualnych
- ▶ Postępująca automatyzacja procesów decyzyjnych
- ▶ Upodmiotowienie AI w strukturze organizacyjnej (agencji AI)
- ▶ Poprawa elastyczności i zdolności adaptacji firm w wyniku rozwoju AI
- ▶ Rosnące wykorzystanie AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników
- ▶ Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa
- ▶ Postępująca automatyzacja obsługi klienta
- ▶ Postępująca automatyzacja zarządzania łańcuchem dostaw
- ▶ Spadek popytu na pracowników z wyższym wykształceniem
- ▶ Postępująca automatyzacja procesów badawczo-rozwojowych

Na podstawie analizy potencjalnych zmian w zatrudnieniu zidentyfikowano branże w województwie mazowieckim, w których sztuczna inteligencja przyczynia się do wzrostu oraz spadku zatrudnienia, a ponadto wskazano branże transformacyjne (prognozowany jest zarówno wzrost, jak i spadek zatrudnienia).

Sektory, które w ocenie ekspertów mają szansę uzyskać w roku 2040 dodatni bilans zatrudnienia w stosunku do końcówki roku 2024, to **działalność profesjonalna, naukowa i techniczna, opieka zdrowotna i pomoc społeczna oraz edukacja**. Sektory o spodziewanym ujemnym bilansie zatrudnienia to **działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca, rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo oraz handel hurtowy i detaliczny**. Wyodrębniono również trzecią grupę – sektory, gdzie prognozowany jest zarówno wzrost, jak i spadek zatrudnienia, czyli **informacja i komunikacja, działalność finansowa i ubezpieczeniowa oraz administracja publiczna i obrona narodu; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne**. Są to sektory, w których należy spodziewać się największych zmian i przekształceń strukturalnych, polegających na jednoczesnej redukcji miejsc pracy, zastąpieniu ról zawodowych przez sztuczną inteligencję i różne formy automatyzacji oraz powstawaniu nowych zawodów i stworzeniu nowych miejsc pracy dzięki AI. W tych branżach może dochodzić do największych zaburzeń i napięć.

Zdefiniowano kompetencje i kwalifikacje wymagane na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji. Lista kompetencji i kwalifikacji ułożona została w kolejności wskazań ekspertów od największej do najmniejszej:

- ▶ nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi,
- ▶ zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI,
- ▶ zdolność krytycznego myślenia,
- ▶ strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji,
- ▶ myślenie systemowe,
- ▶ zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się,
- ▶ zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie,
- ▶ rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji,
- ▶ zdolności interpersonalne i komunikacyjne,
- ▶ umiejętność współpracy,
- ▶ specjalizacja dziedzinowa,
- ▶ perspektywa holistyczna,
- ▶ kreatywność,
- ▶ twórcze myślenie,
- ▶ wszechstronność,
- ▶ umiejętności manualne.

Powyższa lista stanowi spójny katalog, a wszystkie wyróżnione kompetencje i kwalifikacje powinny być w centrum zainteresowania systemów edukacyjnych

czy szkoleniowych. W kontekście przyszłych kompetencji należy wyróżnić również futures literacy, które można tłumaczyć jako umiejętności w dziedzinie przyszłości. Myślenie przyszłościowe obejmuje przewidywanie i przygotowywanie się na potencjalne przyszłe scenariusze, biorąc pod uwagę różne czynniki, takie jak postęp technologiczny, zmiany gospodarcze i zmiany społeczne.

Perspektywy i szanse wynikające ze zmiany zapotrzebowania na kompetencje związane z AI to: **wzrost innowacyjności i konkurencyjności, rozwój kapitału ludzkiego, nowe miejsca pracy, zmiana modelu pracy, nowe modele biznesowe, poprawa jakości usług, wzmocnienie współpracy międzysektorowej.**

Ryzyka i wyzwania związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje związane z AI to: **automatyzacja czynności rutynowych i zagrożenie bezrobociem strukturalnym, ochrona pracowników przed skutkami automatyzacji, luka kompetencyjna i niedobór specjalistów od AI, przeciążenie możliwości poznawczych, uzależnienie od technologii, wzrost nierówności społecznych, wykluczenie cyfrowe, wyzwania etyczne dotyczące bezpieczeństwa, prywatności i stronniczości AI.**

Raport podsumowuje **15 rekomendacji**, które pozwolą na określenie działań strategicznych w perspektywie średnio- i długookresowej w zakresie tworzenia miejsc pracy na Mazowszu, ocenę potrzeb edukacyjnych i szkoleniowych pracowników oraz opracowanie mechanizmów wspierających współpracę na rzecz adaptacji do zmian wywołanych przez sztuczną inteligencję.

- ▶ Wprowadzenie dochodu transformacyjnego i innych mechanizmów finansowych
- ▶ Wsparcie finansowe dla pracodawców
- ▶ Wprowadzenie uniwersalnego dochodu podstawowego jako potencjalnego rozwiązania długofalowego
- ▶ Integracja AI z systemem edukacji
- ▶ Inkluzywne włączenie seniorów w erze AI i długowieczności
- ▶ Rozwijanie regionalnej współpracy w zakresie AI
- ▶ Weryfikacja strategii województwa z wykorzystaniem metod foresightowych
- ▶ Wprowadzenie programów partnerstwa między firmami technologicznymi a samorządami
- ▶ Stymulowanie lokalnych specjalizacji AI
- ▶ Wprowadzenie zielonych mikrospecjalizacji
- ▶ Wsparcie dla hubów innowacyjnych usług
- ▶ Wsparcie rozwoju terenów wiejskich z wykorzystaniem AI
- ▶ Aktywizacja poprzez procesy partycypacyjne związane z implementacją AI w strukturę społeczno-gospodarczą
- ▶ Utworzenie mechanizmu stałego wsparcia transformacji zawodowej
- ▶ Promowanie nowych modeli pracy

Executive summary

This report examines the impact of artificial intelligence (AI) on the labor market in the Mazowieckie Voivodeship, with a particular emphasis on changes in the demand for skills and qualifications. The study employs foresight methodologies, including a Delphi survey, trend analysis, and the identification of signals of change. The analysis focuses on AI's influence on the region's economic sectors, identifying the skills and qualifications that will be most in demand due to AI advancements and assessing competency gaps along with opportunities to address them. The study takes into account the unique economic and demographic characteristics of the Mazowieckie Voivodeship.

Through an in-depth analysis of existing data, 15 key trends and labor market shifts related to AI were identified in both the medium and long term. Each trend was associated with specific signals of change. These trends, ranked from highest to lowest impact on the Mazowieckie labor market, are as follows:

1. Rising structural unemployment driven by AI
2. Increase in job creation as a result of AI development
3. Shifts in employment structure within the service sector
4. Progressive automation of administrative tasks in the context of AI
5. Increasing automation of production processes
6. Growing adoption of cobots (collaborative robots) to optimize manual tasks
7. Expansion of automated decision-making processes
8. AI integration into organizational structures as autonomous agents
9. Enhanced flexibility and adaptability of businesses due to AI
10. Expanding role of AI in human resource management, including recruitment, employee development, and retention
11. Increasing importance of cybersecurity
12. Automation of customer service processes
13. Automation of supply chain management
14. Declining demand for employees with higher education
15. Growing automation of research and development processes

Based on the projected changes in employment, industries within the Mazowieckie Voivodeship were identified in which AI is expected to drive both job growth

and job reductions. Additionally, some industries were classified as transformative, where both employment increases and decreases are anticipated.

According to experts, sectors expected to experience a net increase in employment by 2040 compared to the end of 2024 include **professional, scientific, and technical activities**, **healthcare and social assistance**, and **education**. Conversely, sectors projected to see a net decline in employment include **administrative and support services**, **agriculture, forestry, hunting, and fishing**, and **wholesale and retail trade**.

A third category was identified—**transformative industries**—where employment is expected to experience both growth and reduction. These include **information and communication**, **financial and insurance activities**, and **public administration and defense (including compulsory social security)**. These sectors are expected to undergo the most significant structural transformations, including simultaneous job reductions, role replacements by AI and automation, as well as the emergence of new professions and job opportunities driven by AI. The highest levels of disruption and labor market tension are anticipated within these industries.

The report outlines the key skills and qualifications necessary for AI-driven job roles. These competencies, ranked in order of expert evaluation from highest to lowest priority, include:

- ▶ Supervising and collaborating with autonomous systems
- ▶ Managing information with AI tools
- ▶ Critical thinking
- ▶ Problem structuring and complex information processing
- ▶ Systems thinking
- ▶ Adaptability and fostering a culture of continuous learning
- ▶ Advanced IT and programming skills
- ▶ Understanding the ethical implications of AI
- ▶ Interpersonal and communication skills
- ▶ Teamwork and collaboration abilities
- ▶ Field-specific expertise
- ▶ Holistic perspective
- ▶ Creativity
- ▶ Creative problem-solving
- ▶ Versatility
- ▶ Manual dexterity

This catalog presents a cohesive framework of competencies that should be prioritized by education and training systems. Additionally, **futures literacy**, which encompasses skills related to anticipating and preparing for future scena-

rios, is highlighted as a crucial competence. Future-oriented thinking involves considering factors such as technological progress, economic shifts, and social transformations to better navigate AI-driven changes.

The shift in demand for AI-related skills presents significant opportunities, including **increased innovation and competitiveness**, **human capital development**, **new job creation**, **evolving work models**, **emergence of new business models**, **improved service quality**, and **enhanced cross-sector collaboration**.

However, these shifts also introduce challenges and risks, such as **automation-driven job displacement and structural unemployment**, **the need to protect workers from the effects of automation**, **skills gaps and shortages of AI specialists**, **cognitive overload**, **technological dependence**, **widening social inequalities**, **digital exclusion**, and **ethical concerns related to security, privacy, and AI bias**.

The report concludes with **15 strategic recommendations** to guide medium- and long-term policy actions in job creation, workforce training needs assessment, and mechanisms to support adaptation to AI-driven changes in Mazovia:

1. Implementing **transformational income** and other financial mechanisms
2. Providing **financial support for employers**
3. Exploring **universal basic income** as a potential long-term solution
4. Integrating AI into the **education system**
5. Ensuring **inclusive AI adoption** for older generations in the era of longevity
6. Strengthening **regional cooperation in AI development**
7. Revising the **Mazowieckie Voivodeship's strategy using foresight methods**
8. Establishing **public-private partnership programs** between tech companies and local governments
9. Promoting **local AI specializations**
10. Introducing **green micro-specializations**
11. Supporting the development of **innovative service hubs**
12. Leveraging AI for **rural development**
13. Encouraging **participatory processes** for AI integration in socio-economic structures
14. Creating **permanent support mechanisms** for professional transitions
15. Promoting **new work models** suited for AI-driven economies

Spis treści

Streszczenie menedżerskie 3

Executive summary 6

Spis definicji i pojęć 12

Wprowadzenie 14

Trendy i zmiany na rynku pracy związane ze sztuczną inteligencją w Europie i na Mazowszu 16

Lista trendów i zmian ujętych w ramach badania delfickiego 17

TEZA 1	Postępująca automatyzacja procesów decyzyjnych	17
TEZA 2	Postępująca automatyzacja procesów produkcyjnych	19
TEZA 3	Rosnące wykorzystywanie cobotów (robotów współpracujących z ludźmi) do optymalizacji zadań manualnych	22
TEZA 4	Postępująca automatyzacja zarządzania łańcuchem dostaw	25
TEZA 5	Rosnące wykorzystanie AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników	27
TEZA 6	Postępująca automatyzacja obsługi klienta	30
TEZA 7	Postępująca automatyzacja zadań administracyjnych w kontekście rozwoju AI	32
TEZA 8	Postępująca automatyzacja procesów badawczo-rozwojowych	35
TEZA 9	Upodmiotowienie AI w strukturze organizacyjnej (agenci AI)	38
TEZA 10	Spadek popytu na pracowników z wyższym wykształceniem	41
TEZA 11	Zmiany struktury zatrudnienia w sektorze usług	43
TEZA 12	Wzrost strukturalnego bezrobocia wywołanego AI	47
TEZA 13	Wzrost liczby nowych stanowisk pracy w wyniku rozwoju AI	49
TEZA 14	Poprawa elastyczności i zdolności adaptacji firm w wyniku rozwoju AI	52
TEZA 15	Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa	54

Zestawienie zmian i trendów kształtujących przyszły rynek pracy w Europie i na Mazowszu 57

Analiza sektorów gospodarki Mazowsza pod kątem wpływu sztucznej inteligencji 62

Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia 63

Informacja i komunikacja 65

Działalność finansowa i ubezpieczeniowa 66

Administracja publiczna i obrona narodowa;
obowiązkowe zabezpieczenia społeczne 67

Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna 69

Edukacja 71

Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje zastąpienie istniejących miejsc pracy i spadek zatrudnienia 73

Działalność w zakresie usług administrowania
i działalność wspierająca 74

Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo 76

Handel hurtowy i detaliczny 77

Kompetencje i kwalifikacje związane ze sztuczną inteligencją 81

Kompetencje i kwalifikacje kluczowe w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji 82

Sekcje gospodarki generujące popyt na kompetencje i kwalifikacje związane ze sztuczną inteligencją 86

Szanse i ryzyka związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje w sektorach gospodarki województwa mazowieckiego 90

Perspektywy i szanse związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje związane z AI 93

Ewolucja szans i perspektyw związana z kolejnymi,
prognozowanymi etapami rozwoju AI 94

Ryzyka i wyzwania związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje związane z AI 96

Ewolucja wyzwań związanych ze współpracą z inteligentnymi systemami w kontekście rozwoju AI 98

Podsumowanie i rekomendacje 100**Aneks metodologiczny 108**

Ogólny opis przebiegu badania 109

Analiza danych zastanych 111

Badanie delfickie w czasie rzeczywistym z udziałem ekspertów europejskich 113

Badanie delfickie w czasie rzeczywistym z udziałem ekspertów mazowieckich 116

Analiza prawdopodobieństwa i wpływu 119

Ocena perspektyw oraz wyzwań związanych z zapotrzebowaniem na kompetencje i kwalifikacje pracowników w województwie mazowieckim w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji 120

Podsumowanie wyników badania 121

Bibliografia 122

Spis definicji i pojęć

AUTOMATYZACJA zastosowanie technologii (takich jak roboty, komputery i oprogramowanie) do wykonywania zadań, które wcześniej były wykonywane przez ludzi.

BADANIE DELFICKIE metoda prognozowania, w której eksperci odpowiadają na pytania ankietowe w serii rund, a ich odpowiedzi są anonimowo udostępniane innym ekspertom w celu osiągnięcia konsensusu.

BIG DATA ogromne zbiory danych, których nie można przetwarzać tradycyjnymi metodami.

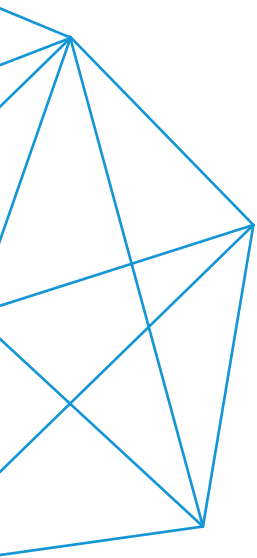
BLOCKCHAIN technologia rozproszonej bazy danych, która umożliwia bezpieczne i transparentne przechowywanie i wymianę informacji.

BRANŻE GOSPODARKI MAZOWSZA sektory gospodarki obecne w województwie mazowieckim.

COBOT kolaboracyjny robot, to robot zaprojektowany do współpracy z ludźmi w tym samym środowisku pracy.

ETAPY ROZWOJU SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W raporcie wyróżniono trzy etapy rozwoju AI: generatywną AI, agentową AI i AGI (Ogólna Sztuczna Inteligencja). Każdy etap charakteryzuje się coraz większymi możliwościami AI i jej wpływem na rynek pracy.

- ▶ **GENERATYWNA AI** rodzaj sztucznej inteligencji, która potrafi generować różne rodzaje treści, takie jak tekst, obrazy, muzyka czy kod.
- ▶ **AGENTOWA AI** zaawansowana forma sztucznej inteligencji, która potrafi samodzielnie wykonywać zadania, podejmować decyzje i uczyć się na podstawie doświadczeń.
- ▶ **AGI** hipotetyczny rodzaj sztucznej inteligencji, która posiadałaby zdolności poznawcze na poziomie człowieka lub wyższym. AGI mogłaby wykonywać wszelkie zadania intelektualne, które potrafi wykonać człowiek.



FINTECH branża finansowa wykorzystująca technologie do innowacji i usprawniania usług finansowych.

INTERNET RZECZY (IoT) sieć połączonych urządzeń, które mogą zbierać i wymieniać dane.

KOMPETENCJE I KWALIFIKACJE połączenie wiedzy, umiejętności i postaw niezbędnych do efektywnego wykonywania zadań.

- ▶ **KOMPETENCJE FUNKCYJNALNE** dotyczą wykonywania zadań i stosowania wiedzy w praktyce.
- ▶ **KOMPETENCJE KOGNITYWNE** związane z efektywnym wykorzystywaniem procesów poznawczych, czyli m.in. z wiedzą, rozumieniem i myśleniem.
- ▶ **KOMPETENCJE SPOŁECZNE** związane z interakcjami z innymi ludźmi i funkcjonowaniem w społeczeństwie.

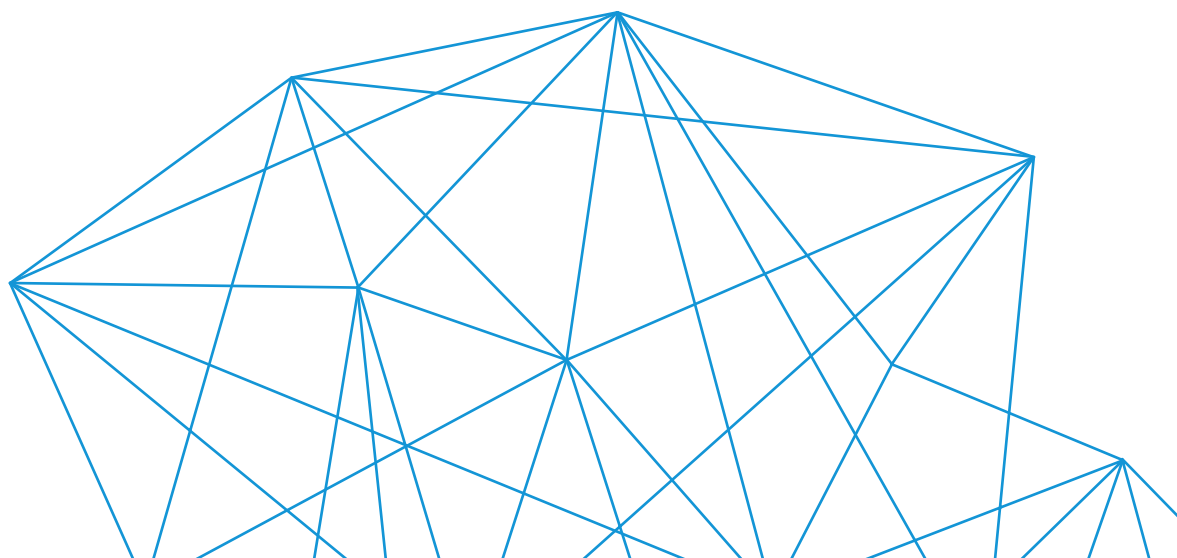
LUKA KOMPETENCYJNA rozbieżność między kompetencjami posiadanymi przez siłę roboczą a kompetencjami wymaganymi na rynku pracy

NLP (PRZETWARZANIE JĘZYKA NATURALNEGO) dziedzina sztucznej inteligencji, która umożliwia komputerom rozumienie, interpretację i generowanie ludzkiego języka.

RESKILLING proces nabywania nowych umiejętności w celu zmiany zawodu lub dostosowania się do zmieniających się wymagań na rynku pracy.

UBI (UNIWERSALNY DOCHÓD PODSTAWOWY) koncepcja systemu zabezpieczenia społecznego, w którym każdy obywatel otrzymuje regularne, bezwarunkowe świadczenie pieniężne.

UPSKILLING proces podnoszenia kwalifikacji i nabywania nowych umiejętności w ramach obecnego zawodu.



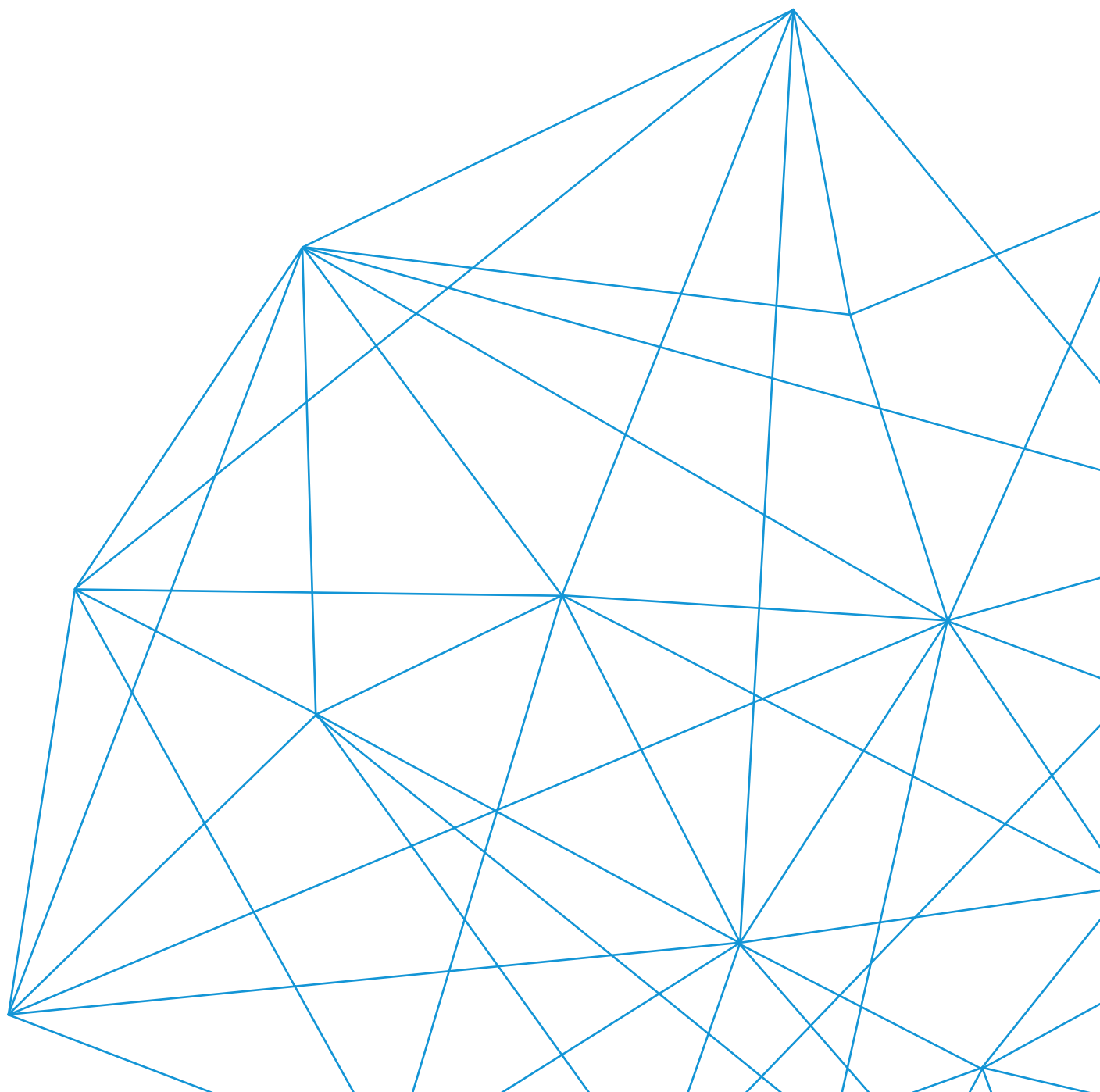
Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja nie jest jedynie kolejnym etapem rozwoju technologicznego, ale fundamentalną zmianą, która przekształca świat w sposób bezprecedensowy. Jej wpływ na rynek pracy jest wszechobecny i wielowymiarowy. Obejmuje nie tylko automatyzację, lecz także samą istotę pracy, wymagane kompetencje, organizację pracy i relacji międzyludzkich. Województwo mazowieckie – będące zróżnicowaną mozaiką wielkomiejskich ośrodków, mniejszych miast oraz obszarów wiejskich – znajduje się w punkcie zwrotnym, w którym rewolucja technologiczna może z jednej strony przynieść impuls do dynamicznego rozwoju, a z drugiej pogłębić istniejące dysproporcje. Zrozumienie tych przemian i przygotowanie regionu na nadchodzące wyzwania i szanse jest kluczowe dla zapewnienia zrównoważonego rozwoju i dobrobytu. Analiza wpływu AI na rynek pracy w województwie mazowieckim wymaga nie tylko identyfikacji trendów, ale również krytycznej oceny ich implikacji w kontekście lokalnym i globalnym.

Celem niniejszego raportu jest dostarczenie decydentom, przedsiębiorcom, instytucjom edukacyjnym i pracownikom kompleksowej wiedzy na temat wpływu AI na rynek pracy w województwie mazowieckim. Jednym z kluczowych aspektów tego wpływu jest zmiana zapotrzebowania na kompetencje i kwalifikacje. AI kreuje nowe zawody i role, jednocześnie automatyzując zadania, które dotychczas wykonywali ludzie. W tym dynamicznym środowisku zdolność do adaptacji, ciągłego uczenia się i nabywania nowych umiejętności stają się kluczowe. Raport ten analizuje, jak AI wpływa na strukturę zatrudnienia, jakie kompetencje będą najbardziej pożądane w przyszłości i jak przygotować pracowników na wyzwania i szanse ery AI.

Celem aplikacyjnym raportu jest sformułowanie rekomendacji w odniesieniu do przedmiotu badania w celu umożliwienia podejmowania decyzji średnio- i długookresowych w zakresie tworzenia miejsc pracy na Mazowszu i oceny potrzeb edukacyjnych i szkoleniowych pracowników oraz opracowania propozycji mechanizmów wspierających współpracę na rzecz adaptacji do zmian wywołanych przez sztuczną inteligencję. Cel ten został osiągnięty poprzez zastosowanie metodologii foresightowej, w tym badania delfickiego z udziałem ekspertów mazowieckich i międzynarodowych oraz desk research, obejmujący analizę literatury, raportów i danych statystycznych w celu identyfikacji trendów i sygnałów zmian.

Metodologia foresightowa jest szczególnie użyteczna w badaniu wpływu AI na rynek pracy, ponieważ pozwala na identyfikację długoterminowych trendów i zmian. AI to dynamicznie rozwijająca się dziedzina, a jej wpływ na rynek pracy będzie ewoluował w czasie. Metody foresightowe pozwalają na wyjście poza krótkoterminowe prognozy i zbadanie potencjalnych ścieżek rozwoju w dłuższej perspektywie. Uwzględnienie perspektywy ekspertów, dzięki badaniu delfickiemu, pozwala na zebranie wiedzy i opinii ekspertów z różnych dziedzin, co daje szerszy i bardziej kompleksowy obraz potencjalnych skutków AI. Kluczowym elementem całego procesu badawczego było przygotowanie Mazowsza na przyszłość, dzięki zrozumieniu potencjalnych skutków AI i umożliwienie lepszego przygotowania się regionu na zmiany oraz opracowania działań, które pozwolą na wykorzystanie wynikających ze sztucznej inteligencji szans i zminimalizowanie związanych z tą technologią ryzyk.



**Trendy i zmiany na rynku
pracy związane ze sztuczną
inteligencją w Europie
i na Mazowszu**

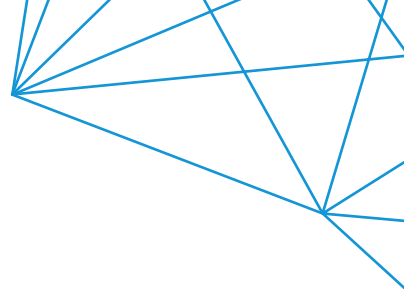
Lista trendów i zmian ujętych w ramach badania delfickiego

TEZA 1 Postępująca automatyzacja procesów decyzyjnych

Automatyzacja procesów decyzyjnych (Automated Decision-Making – ADM) polega na wykorzystaniu danych, maszyn i algorytmów do podejmowania decyzji w różnych kontekstach, z różnym stopniem nadzoru człowieka. W sektorze produkcyjnym i przemyśle ADM występuje przede wszystkim w postaci systemów wspomagania decyzji opartych na AI (decision support systems). Są one kluczowe dla Przemysłu 4.0, ponieważ usprawniają integrację i przetwarzanie danych. Internet Rzeczy (IoT), analityka big data i systemy cyberfizyczne umożliwiają systemom wspomagania decyzji ocenę dużych ilości heterogenicznych danych i szybkie wyciąganie wniosków, a w konsekwencji optymalizację produkcji, poprawę produktywności, predykcję zużycia sprzętu czy kontrolę jakości. Sednem tej transformacji są inteligentne, usieciowione systemy, które mogą samodzielnie optymalizować łańcuchy dostaw i procedury produkcyjne.

Automatyzacja procesów decyzyjnych ma też duże znaczenie w pozostałych sektorach gospodarki. W branży finansowej AI może być wykorzystywana do analizy danych, analizy predykcyjnej i zautomatyzowanego monitorowania zgodności. Firmy świadczące usługi finansowe wykorzystują algorytmy ADM, m.in. do zautomatyzowanej oceny zdolności kredytowej czy wykrywania oszustw. Innym przykładem może być zarządzanie algorytmiczne pracownikami, na przykład podczas rekrutacji czy w ramach planowania ich zadań. Aby zachować transparentność tych procesów, warto zadbać o to, aby pracownicy rozumieli wykorzystywaną technologię i jej wpływ na procesy decyzyjne oraz interpretację danych, a także sposoby wyciągania wniosków z analiz przeprowadzanych przez systemy AI.

Przeszkodami w rozwoju automatyzacji procesów decyzyjnych są m.in. ryzyko błędów, awarii i podatność na cyberataki, kwestie etyczne związane z odpowiedzialnością za podejmowane decyzje i związane z tym bariery regulacyjne oraz koszt wdrożenia i dostęp do infrastruktury.



SYGNAŁY ZMIAN

Zwiększone zainteresowanie Explainable AI (XAI), czyli zestawem procesów i metod, które pozwalają ludzkim użytkownikom zrozumieć i zaufać wynikom tworzonym przez algorytmy uczenia maszynowego.

→ [McKinsey. Explainable AI: Getting it right in business.](#)

Wykorzystanie AI do diagnozy pacjentów i podejmowania decyzji klinicznych – duże modele językowe (LLM) potrafią analizować opisy objawów i stawiać diagnozy z dużą dokładnością, osiągając 88% skuteczność w wskazywaniu prawidłowej diagnozy wśród trzech najbardziej prawdopodobnych. To niewiele mniej niż dokładność lekarzy (96%), którzy otrzymują te same informacje.

→ [Future Today Institute. \(2024\). 2024 Tech Trend Report.](#)

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Automatyzacja i upowszechnienie maszyn z AI to różne, chociaż współbieżne procesy. W procesach produkcyjnych szereg automatów i robotów będzie stopniowo przybierał postać funkcjonalną maszyn z AI, czyli autonomicznych. Klasyfikacja obszarów jest zbyt pojemna, więc trudno o udzielenie wiarygodnej odpowiedzi. Przykładowo, gospodarka magazynowa wewnątrz zakładu będzie całkowicie powierzona maszynom autonomicznym, natomiast upowszechnienie środków transportu w przestrzeni otwartej będzie napotykać na bariery psychologiczne.

Przemysł oparty na procesach ciągłych podejmie wyzwania w obszarze praktycznego wykorzystania wielu danych pozyskiwanych z produkcji (ciśnienia, temperatury, przepływu itp.), które wcześniej przechowywane były do późniejszego wykorzystania. Sektor handlowy, szczególnie detaliczny, odniesie duże korzyści z analizy koszyków zakupowych. W powiązaniu z danymi o płatnikach z kart kredytowych będzie w stanie lepiej dostosować ofertę, jej ekspozycję i promocje. W opiece zdrowotnej, pacjenci w większym stopniu będą w stanie przeprowadzić autodiagnozę i dostosować leczenie poprzez stosowanie leków OTC.

W biznesie AI jest już obecnie podstawowym mechanizmem unikania ryzyka. Dlatego najszybciej modele AI wdrażane są w działaniach ryzykownych biznesowo. Powierzenie modułom AI transakcji giełdowych na rynkach finansowych to spektakularny przykład takiego procesu.

(...) Upowszechnienie maszyn z AI (autonomicznych - to coś istotnie różnego od automatów) nastąpi najszybciej w systemach zamkniętych i przestrzeniach wirtualnych, czyli takich, gdzie błąd maszyny nie będzie powodował istotnego zagrożenia dla ludzi i fizycznych procesów technologicznych, gdyż moduły AI są co do zasady omylne. W przestrzeni otwartej/publicznej, maszyny z AI (budowlane, rolnicze, samochody, samoloty, drony, statki, maszyny rolnicze) będą wprowadzane wolniej i w zależności od poziomu ryzyka. Tempo implementacji będzie następowało wolniej niż rozwój techniki, gdyż istotne bariery mają charakter kulturowy. Przykładowo, społeczeństwo znacznie ostrzej reaguje na błąd maszyny niż człowieka. Co do zasady, mamy wyższy poziom tolerancji dla błędów ludzkich niż maszynowych. Dlatego czynniki psychologiczne będą miały decydujący wpływ na tempo upowszechnienia zastosowań AI.

Myślę, że jest to prawdopodobne w przypadku rutynowych decyzji, w których wyniki i konsekwencje są wyraźnie znane i zmapowane. Kontrola zostanie zachowana w kontekstach o większej niepewności i głębokich implikacjach. A przynajmniej ludzie będą walczyć o tę kontrolę (z tych samych powodów, dla których nie ma jeszcze autonomicznych samochodów...).

To, co musi zostać zautomatyzowane, zostanie zautomatyzowane tak szybko, jak to możliwe. (...) być może nie są to najbardziej wyrafinowane zastosowania uczenia maszynowego, ale poprawią wydajność.

TEZA 2 Postępująca automatyzacja procesów produkcyjnych

Automatyzacja procesów produkcyjnych i wytwórczych jest blisko związana z możliwościami płynącymi z kolejnych rewolucji przemysłowych. Przemysł 4.0

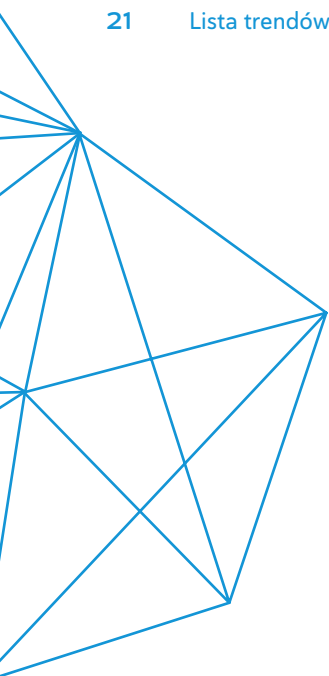
charakteryzuje się integracją systemów cyberfizycznych, chmury obliczeniowej, internetu rzeczy (IoT) i AI. Koncentruje się on na tworzeniu inteligentnych fabryk (smart factories), w których maszyny są połączone w sieć, dane są analizowane w czasie rzeczywistym, a procesy są optymalizowane pod kątem wydajności. AI jest centralnym elementem systemu, ponieważ umożliwia autonomiczne podejmowanie decyzji i optymalizację procesów. Za kolejny krok w rewolucji przemysłowej uznaje się Przemysł 5.0. Koncentruje się on na stworzeniu środowiska współpracy między ludźmi a maszynami, wykorzystując technologię do poszerzenia możliwości i zwiększenia kreatywności. AI jest główną technologią, która przekształca wiele rozproszonych źródeł danych w przydatne informacje, optymalizując cały cykl życia produkcji w inteligentnych fabrykach. Automatyzacja procesów produkcyjnych może przełożyć się na potencjalne zagrożenia, np. bezrobocie technologiczne wśród nisko wykwalifikowanych pracowników, z drugiej zaś może być źródłem wzrostu produktywności i długoterminowej konkurencyjności regionu.

Pozytywny wpływ na wdrażanie automatyzacji procesów produkcyjnych mogą mieć spadające koszty technologii AI, problemy z niedoborem siły roboczej czy dążenie do zwiększenia produktywności. Przenoszenie systemów sterowania i monitorowania produkcji do chmury oraz rozwój internetu rzeczy (IoT) mogą poprawić integrację procesów i zautomatyzowany nadzór nad liniami produkcyjnymi. W przyszłości, dzięki algorytmom uczenia głębokiego (deep learning) i przetwarzaniu danych w czasie rzeczywistym, przedsiębiorstwa będą mogły automatycznie dostosowywać parametry produkcji do bieżącego popytu. Zastąpieniu mogą ulec całe procesy produkcyjne, od magazynowania surowców, przez montaż, aż po pakowanie i wysyłkę. Systemy AI mogą zacząć przejmować planowanie produkcji, optymalizację kosztową i zarządzanie łańcuchem dostaw.

Skutkiem tego może być przejęcie przez pracowników funkcji nadzoru i rozwoju, zamiast wykonywania bezpośrednich czynności produkcyjnych. Może to oznaczać wzrost zapotrzebowania na ekspertów ds. danych, inżynierów robotyki, specjalistów ds. projektowania nowych procesów, integratorów systemów automatyki. Może również pojawić się więcej elastycznych modeli współpracy, np. outsourcing specjalistów AI, praca zdalna przy nadzorze linii produkcyjnych, szeroka współpraca międzynarodowa. Warto wspomnieć, że sektory, gdzie praca wymaga dużej manualnej precyzji lub wysokich umiejętności rzemieślniczych, mogą być w mniejszym stopniu podatne na automatyzację. Dotyczy to w szczególności branży dóbr luksusowych, w której ręczna produkcja potrafi być jednym z kluczowych wyróżników wyrobu.

Jedną z kluczowych przeszkód we wdrażaniu automatyzacji procesów produkcyjnych stanowi heterogeniczność danych i trudności w ich integracji. Wskazanie na to wyzwanie jako istotne i priorytetowe dla rozwoju automatyzacji i robotyzacji w województwie mazowieckim pojawiło się już m.in. w 2023 r. w raporcie 4CF *Przemysł 4.0 na Mazowszu*¹. Różnorodność

¹ Jagaciak, M., Kołos, N., Macander, Ł., Nosarzewski, K., Rafał, W. (2023). Określenie aktualnych i przyszłych potrzeb oraz możliwości technologicznych w zakresie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw w kierunku Przemysłu 4.0 w ramach następujących branż na Mazowszu: budowlana, logistyczna, medyczno-farmaceutyczna i rolno-spożywcza [<https://mazovia.pl/resource/71189/214848/Opracowania+z+2023+roku.zip>].



źródeł danych, brak standaryzacji i problemy z jakością danych ograniczają interoperacyjność między platformami i systemami. Kwestie związane z własnością danych produkcyjnych, odpowiedzialnością za decyzje podejmowane przez AI czy bezpieczeństwem systemów autonomicznych mogą zaburzyć przyjmowanie nowych technologii. Kolejną barierą są obecnie wysokie koszty wdrożenia i brak kapitału inwestycyjnego. Problemy te mogą dotknąć w szczególności małe i średnie przedsiębiorstwa, co wpłynie na tempo wdrażania AI w gospodarce. W korzystniejszej sytuacji mogą się znaleźć innowacyjne i duże przedsiębiorstwa. Aby w dłuższej perspektywie mniejsze zakłady przejęły zaawansowaną automatyzację niezbędny jest postęp w standaryzacji oraz spadek kosztów robotów, czujników, systemów wizyjnych i AI. Otworzyłoby to szansę przed MŚP na specjalizację w produkcji spersonalizowanej, dzięki wykorzystaniu elastycznych linii w pełni sterowanych cyfrowo. W przeciwnym razie realnym zagrożeniem jest to, że automatyzacja produkcji będzie coraz bardziej przyspieszać konsolidację rynku.

SYGNAŁY ZMIAN

Komputerowe systemy wizyjne oparte na sztucznej inteligencji są wykorzystywane do kontroli jakości, ponieważ umożliwiają maszynom interpretowanie i podejmowanie decyzji na podstawie danych wizualnych. Naśladując ludzki wzrok, technologia ta pozwala robotom postrzegać, analizować i reagować na otoczenie w czasie rzeczywistym, co czyni ją istotnym elementem współczesnej robotyki.

→ Singh, Ankit. „The Role of Computer Vision in Robotics”. AZoRobotics

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Obecnie w województwie mazowieckim, w przetwórstwie przemysłowym (co jest, jak rozumiem, odpowiednikiem sektora produkcyjnego) pracuje ok. 20-25 proc. zatrudnionych. Jeśli roboty i AI zastąpią 1/4 tych pracowników, to zmiana ta dotknie ok. 5-6 proc. wszystkich pracujących, w perspektywie 15 lat, co wydaje się być zmianą możliwą do zaabsorbowania przez znacznie większy sektor usług.

Przy tak dużym zastąpieniu liczby pracowników, osoby zastąpione wraz z dużym napływem imigracji skierują swoją aktywność w pracę fizyczną, kreatywną, usługi (naprawy, opieka nad dziećmi i seniorami, agroturystyka...).

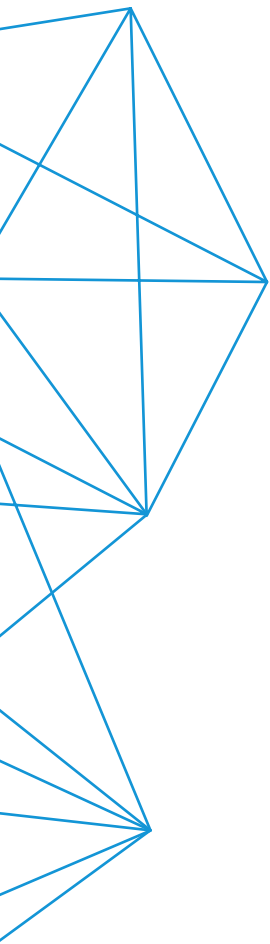
Dzięki upowszechnieniu AI nastąpi zmiana struktury zatrudnienia. Pozwoli to na uzupełnienie niedoborów kadrowych w dziedzinach, gdzie kontakt interpersonalny ma duże znaczenie – edukacji, medycynie usługach, rozrywce, sektorach kreatywnych (nauka, marketing, projektowanie produktów, technologii, oprogramowania i usług).

Nastąpi przepływ pracowników z sektora przemysłu ciągłych procesów chemicznych do usług.

TEZA 3 Rosnące wykorzystywanie cobotów (robotów współpracujących z ludźmi) do optymalizacji zadań manualnych

Współczesny rynek pracy dynamicznie ewoluuje, a automatyzacja procesów staje się kluczowym elementem wzrostu efektywności i konkurencyjności. W tym kontekście, rosnące znaczenie zyskują roboty współpracujące (coboty), które redefiniują sposób interakcji człowieka z maszyną. Tradycyjne roboty przemysłowe, z uwagi na prędkość i siłę pracy, stanowią potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa pracowników. W celu minimalizacji ryzyka wypadków wdraża się ściśle protokoły bezpieczeństwa, obejmujące m.in. stosowanie klatek ochronnych, ogrodzeń i blokad. Zabezpieczenia te izolują roboty od przestrzeni roboczej ludzi, zapobiegając niebezpiecznym kolizjom. W przeciwieństwie do tradycyjnych robotów przemysłowych, coboty mogą bezpiecznie współpracować z ludźmi, wykonując zadania ramię w ramię. Jest to możliwe dzięki zaawansowanym systemom bezpieczeństwa, takim jak czujniki siły i momentu, ograniczona prędkość i moc, zaokrąglone kształty i systemy wizyjne, które minimalizują ryzyko kolizji i urazów. Ta unikalna cecha otwiera przed przedsiębiorstwami nowe możliwości optymalizacji procesów, zwiększenia produktywności i poprawy bezpieczeństwa pracowników, wpływając tym samym na kształt rynku pracy.

Coboty znajdują zastosowanie w szerokim spektrum zadań, zarówno w przemyśle, jak i w sektorze usług. W przemyśle są wykorzystywane m.in. do montażu, obsługi maszyn, paletyzacji, spawania i kontroli jakości. W sektorze usług coboty sprawdzają się w gastronomii, opiece zdrowotnej, hotelowej i handlu detalicznym. Co więcej, coboty coraz częściej wdrażane są w innowacyjnych dziedzinach, takich jak rolnictwo, budownictwo czy logistyka, gdzie automatyzują prace dotychczas wykonywane przez ludzi. Ta wszechstronność zastosowań świadczy o potencjale cobotów do przekształcania różnych branż gospodarki.



Wpływ cobotów na rynek pracy jest wielowymiarowy. Z jednej strony, coboty mogą zastępować ludzi w wykonywaniu zadań monottonnych, niebezpiecznych lub wymagających dużej precyzji, co może prowadzić do pewnej redukcji zatrudnienia w niektórych obszarach. Z drugiej strony, współpraca z cobotami może podnieść kwalifikacje pracowników, umożliwiając im skupienie się na bardziej kreatywnych i złożonych zadaniach. Ponadto, rozwój technologii cobotów stymuluje powstawanie nowych miejsc pracy związanych z ich projektowaniem, programowaniem, obsługą i konserwacją. W długoterminowej perspektywie coboty mogą przyczynić się do wzrostu produktywności i konkurencyjności gospodarki, co może generować nowe możliwości zatrudnienia w różnych sektorach.

Współpraca człowieka z cobotami wymaga od pracowników posiadania specyficznych kompetencji. Oprócz wiedzy technicznej związanej z obsługą i programowaniem cobotów, istotne stają się umiejętności analityczne, rozwiązywania problemów i krytycznego myślenia. W tym kontekście zdolność do adaptacji, ciągłego uczenia się i efektywnej komunikacji z maszynami będzie niezwykle istotna na rynku pracy przyszłości. System edukacji powinien ewoluować w kierunku kształcenia interdyscyplinarnego, łączącego wiedzę z zakresu technologii, automatyki, robotyki i informatyki z kompetencjami miękkimi. Rozwój szkolnictwa zawodowego i kształcenia ustawicznego będzie odgrywał kluczową rolę w przygotowaniu pracowników do wyzwań związanych z automatyzacją i współpracą z cobotami.

SYGNAŁY ZMIAN

SoftBank Robotics – Whiz Whiz to robot sprzątający oparty na sztucznej inteligencji, wykorzystywany w hotelach, szkołach i domach opieki. Jego innowacyjność polega na tym, że może posprzątać do 1400 metrów kwadratowych na jednym ładowaniu, a dzięki wbudowanym czujnikom wykrywa ludzi, co gwarantuje bezpieczeństwo w zatłoczonych miejscach. Od momentu wprowadzenia na rynek w 2019 roku, na całym świecie wdrożono ponad 20 000 sztuk.

→ [Ross, Laura. 8 Examples of Cobots in Everyday Life](#)

Comau – Racer-5-0.80 i AURA Racer-5-0.80 i AURA to roboty współpracujące, wykorzystywane w inteligentnych fabrykach do zadań wymagających bliskiej współpracy człowieka z robotem. Racer-5-0.80 dostosowuje swoją prędkość do obecności człowieka, a AURA wspomaga pracowników w podnoszeniu ciężkich przedmiotów, zwiększając bezpieczeństwo i wydajność w środowisku produkcyjnym.

→ [Ross, Laura. 8 Examples of Cobots in Everyday Life](#)



PepsiCo – RightHand Robotics PepsiCo nawiązało współpracę z RightHand Robotics w celu zautomatyzowania paletyzacji w produkcji napojów. Innowacyjność rozwiązania polega na wykorzystaniu robotów z zaawansowanymi systemami wizyjnymi, które chwytają i układają w stosy różne produkty, poprawiając bezpieczeństwo i zwiększając wydajność produkcji.

→ Chanda, Debangshu. „Top 10 Use Cases of Cobots and AI in Manufacturing”. IdeaUsher

Siemens GWE – Universal Robots Siemens zintegrował ponad 70 robotów współpracujących w swoich procesach produkcyjnych. Roboty, takie jak UR10, automatyzują proste zadania, na przykład przenoszenie kartonów, zwiększając wydajność i umożliwiając pracownikom skupienie się na bardziej złożonych zadaniach. Firma promuje akceptację robotów, pozwalając pracownikom na bezpośrednią interakcję z nimi.

→ Siemens Remains Competitive Thanks to Cobots

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Automatyzacja zadań zmieni sposób pracy osób, ale nie zmieni wymagań na większości stanowisk oraz nie zmieni samego funkcjonowania rynku pracy. Wdrożenie AI będzie podobne do wprowadzenia do ruchu autobusów ze wspomaganiami: mniej od kierowcy wymagamy siły fizycznej, ale ogólna zasada wykonywania tego zawodu nie uległa zmianie (choć wzrósł komfort).

Spadnie zapotrzebowanie na pracowników pełniących funkcję obsługi maszyn, gdyż znacznie wzrośnie liczba maszyn autonomicznych. Natomiast ogólny wzrost produktywności zwiększy popyt na usługi wymagające umiejętności i inteligencji kontekstowej, relacji personalnych itd. Zmiany na rynku pracy będą miały dynamikę dyktowaną elastycznością społeczną, ale nie będą generować bezrobocia.

Tutaj rynek pracy, biorąc pod uwagę przede wszystkim wskaźniki demograficzne, może pozostać w równowadze. Prognozuje się, że do 2050 roku w Polsce będziemy mieli 20 proc. mniej pracowników w wieku 20-64 lata, co oznacza, że coroboty będą umożliwiały funkcjonowanie gospodarki na względnie podobnym poziomie w relacji do zmniejszającej się populacji.

W ciągu piętnastu lat zmieni się pojęcie cobota, robota i czynności manualnej. Przykładowo, robotem często nazywany jest automat uniwersalnego zastosowania, a nie maszyna sterowana modułem AI. Szereg czynności manualnych będzie wyeliminowany poprzez zmianę istoty procesu sterowanego przez AI, a nie przez cobota. Przykładowo, autonomiczne drony czy też autonomiczne samochody wykonujące polecenia i reagujące na zachowania człowieka i np. dostarczające zamówione zakupy eliminują czynności manualne, ale żadna z tych maszyn nie jest nazywana obecnie cobotem. Liczba cobotów w dzisiejszym rozumieniu tego pojęcia będzie spadać, natomiast będzie rosła liczba maszyn autonomicznych zdolnych do przyjmowania poleceń, reagowania na zachowania człowieka w celu m.in. eliminacji wielu czynności manualnych.

Wydaje się, że zmiany nie będą istotne i będą wdrażane stopniowo w sposób dość naturalny - np. w budownictwie.

TEZA 4 Postępująca automatyzacja zarządzania łańcuchem dostaw

Łańcuch dostaw obejmuje procesy związane z zaopatrzeniem, produkcją, magazynowaniem, transportem oraz dystrybucją. Automatyzacja zarządzania łańcuchem dostaw ma na celu optymalizację tych procesów poprzez wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego, analityki predykcyjnej, internetu rzeczy (IoT), big data i robotyzacji procesów. Generatywna sztuczna inteligencja dodatkowo przyspiesza ten trend, zwiększając potencjał automatyzacji złożonych i poznawczych zadań. Znaczącą zmianą, którą wprowadza AI, jest dynamicznie dostosowywanie się do danych w czasie rzeczywistym, co poprawia elastyczność i szybkość reakcji, a tym samym zwiększa efektywność, redukuje koszty, minimalizuje błędy i skraca opóźnienia. AI w ramach łańcucha dostaw można wykorzystać, m.in. do prognozowania popytu, optymalizacji poziomów zapasów, automatyzacji operacji magazynowych i dokumentowych, planowania tras dostaw, a także identyfikacji i minimalizacji ryzyka w łańcuchu dostaw.

Przykładowe rozwiązania to systemy śledzenia przesyłek w czasie rzeczywistym, technologie usprawniające współpracę z rozproszoną i zróżnicowaną bazą dostawców, narzędzia monitorujące i optymalizujące przepływ towarów w portach (np. nowe szlaki żeglugowe, inteligentne systemy zarządzania ruchem) czy inteligentne magazyny.

Automatyzacja zarządzania łańcuchem dostaw może prowadzić do wypierania pracowników z rutynowych lub manualnych ról, takich jak pracownicy

magazynowi, pracownicy wprowadzania danych czy dyspozytorzy transportu. Najbardziej zagrożone są zadania powtarzalne, oparte na regułach i niewymagające wysokiego poziomu umiejętności poznawczych. Rosnąć może natomiast zapotrzebowanie na umiejętności techniczne. Pojawiają się nowe role wymagające wysokich umiejętności w zakresie zarządzania systemami AI, systemami analityki danych, oprogramowania logistycznego i robotyki.

SYGNAŁY ZMIAN

Naukowcy z Uniwersytetu w Cambridge rozwijają platformę, która może podejmować decyzje i autonomicznie działać w imieniu interesariuszy w łańcuchach dostaw.

→ Zheng, Ge, i in. „Federated Machine Learning for Privacy Preserving, Collective Supply Chain Risk Prediction”. *International Journal of Production Research*, t. 61, nr 23, grudzień 2023, s. 8115–32. DOI.org

Startup Loopr oferuje oparte na sztucznej inteligencji aplikacje brzegowe do skanowania usterek, przewidywania konserwacji i zarządzania zapasami.

→ Bek, Nate. *Inspired by her family's business in India, Seattle founder leads AI startup that helps manufacturers*. GeekWire

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Już dzisiaj 20% firm logistycznych korzysta z AI, ale obszary zastosowań w niewielkim stopniu pozwalają na redukcję zatrudnienia i nie widać uzasadnienia technologicznego, by w ciągu sześciu lat sytuacja zmieniła się na tyle radykalnie, by mówić o dużym wpływie na mazowiecki rynek pracy.

Ta zmiana najbardziej wpłynie na sektory, w których optymalizacja ma istotne znaczenie, czyli np. handel, transport, zakwaterowanie, zaopatrywanie w energię.

Generalnie optymalizacja i zarządzanie łańcuchami dostaw sprzyja specjalizacji i wymaga pogłębiania zdolności do wykorzystywania sztucznej inteligencji.

Logistyka to obszar intensywnego wdrażania modułów AI. Wymaga od pracowników firmy logistycznej dobrego i pełnego przekazania swojego modelu biznesowego, np. w postaci bliźniaka cyfrowego, co wymaga kompetencji zarządzania informacjami oraz rozumienia możliwości AI.

(...) Optymalizacja jest jak dotąd najlepszym zastosowaniem sztucznej inteligencji, a jej rozpowszechnienie jest wysoce prawdopodobne, ponieważ istnieje bardzo niewiele sił przeciwnych (wiele do zyskania, niewiele do stracenia).

Większość firm to małe i bardzo małe przedsiębiorstwa. Nie będą one dysponować odpowiednimi zasobami. Będą częścią łańcucha dostaw, który będzie częściowo zarządzany przez sztuczną inteligencję, nie zdając sobie z tego sprawy.

TEZA 5 Rosnące wykorzystanie AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników

Wykorzystanie AI w obszarze Zarządzania Zasobami Ludzkimi (Human Resource Management – HRM) obejmuje szeroki zakres zastosowań, od automatyzacji rutynowych zadań po personalizację doświadczeń pracowników. W obszarze pozyskiwania talentów, AI może umożliwiać szybszą i efektywniejszą selekcję kandydatów poprzez analizę CV i aplikacji. Algorytmy AI mogą identyfikować kandydatów najlepiej dopasowanych do wymagań stanowiska, uwzględniając zarówno kompetencje twarde, jak i miękkie. Chatboty oparte na AI mogą prowadzić wstępne rozmowy kwalifikacyjne, odpowiadając na pytania kandydatów i zbierając wstępne informacje. W efekcie, specjaliści HR mogliby skupić się na bardziej strategicznych aspektach rekrutacji, takich jak budowanie relacji z kandydatami i ocena ich dopasowania kulturowego.

W obszarze rozwoju pracowników, AI może umożliwiać personalizację ścieżek edukacyjnych i identyfikację luk kompetencyjnych. Platformy edukacyjne oparte na AI mogą rekomendować pracownikom odpowiednie szkolenia i kursy, dostosowane do ich indywidualnych potrzeb i celów zawodowych. AI wspiera również proces mentoringu, pomagając w doborze mentorów o komplementarnych umiejętnościach i doświadczeniu. Dzięki temu pracownicy

mogliby rozwijać się w sposób bardziej efektywny, a organizacje mogłyby lepiej zarządzać talentami i planować ścieżki kariery.

W kontekście utrzymania pracowników, AI pomaga w monitorowaniu satysfakcji i zaangażowania. Narzędzia AI mogą analizować komunikację i feedback pracowników, identyfikując potencjalne problemy i czynniki ryzyka odejścia z pracy. Dzięki temu organizacje mogłyby proaktywnie reagować na potrzeby pracowników, wdrażając odpowiednie działania prewencyjne. AI umożliwia również personalizację benefitów i programów motywacyjnych, zwiększając satysfakcję pracowników i redukując rotację.

Wprowadzenie AI w HRM wiąże się jednak również z wyzwaniami etycznymi, takimi jak ryzyko wystąpienia uprzedzeń w algorytmach, kwestie prywatności danych i brak transparentności w procesie podejmowania decyzji przez AI. Ważne jest, aby organizacje podchodziły do wdrażania AI w sposób odpowiedzialny, dbając o zgodność z przepisami prawa i standardami etycznymi. Potrzebne jest również edukowanie pracowników i kandydatów na temat wykorzystania AI w HRM, aby mieli świadomość zmieniających się korzyści oraz ograniczeń tej wciąż ewoluującej technologii.

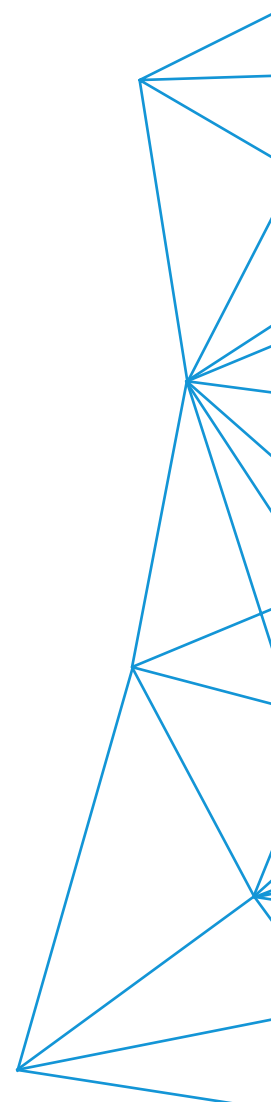
W świecie, w którym AI odgrywa coraz większą rolę w HR, zarówno pracownicy HR, jak i osoby poszukujące pracy muszą posiadać odpowiednie kompetencje. Dla specjalistów HR istotna staje się znajomość narzędzi AI i umiejętność ich wykorzystania w procesach HR, a także zdolność do interpretacji danych i wyciągania wniosków, z uwzględnieniem potencjalnych ograniczeń i błędów algorytmów. Z kolei osoby poszukujące pracy powinny być świadome, w jaki sposób AI wpływa na proces rekrutacji, i posiadać umiejętności prezentacji swoich kompetencji w sposób zrozumiały dla algorytmów AI, dbając jednocześnie o ochronę swojej prywatności. W obydwu przypadkach kluczowe stają się umiejętności analityczne, krytyczne myślenie i adaptacja do współpracy z nowymi technologiami, a także świadomość etycznych aspektów wykorzystania AI.

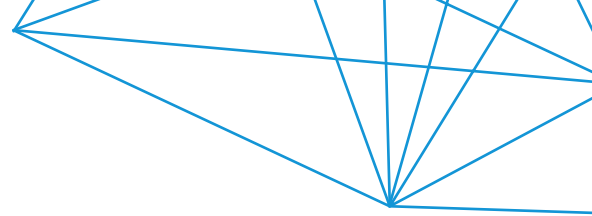
SYGNAŁY ZMIAN

Amazon: sztuczna inteligencja w rekrutacji Amazon wykorzystuje sztuczną inteligencję (AI) w rekrutacji, dążąc do bardziej sprawiedliwego i wydajnego procesu rekrutacyjnego. Jako pionier w tej dziedzinie Amazon opracował narzędzia wspierające kandydatów na każdym etapie. Wykorzystuje AI do inteligentnego dopasowywania stanowisk (rekomendacje oparte na umiejętnościach), przesiewania CV za pomocą NLP (obiektywna ocena) oraz elastycznych ocen online (wgląd w umiejętności).

→ Zhuryk, Yana.

„AI Recruitment: 5 Companies Leading the Way”. Agile HRO





Unilever: AI w rekrutacji młodszych specjalistów Unilever, globalny lider w branży dóbr konsumpcyjnych, stosuje sztuczną inteligencję w procesie rekrutacji, szczególnie na stanowiska dla młodszych specjalistów, gdzie liczba aplikacji jest bardzo wysoka. Firma ta korzysta z platform takich jak HireVue, gdzie kandydaci są oceniani na podstawie analizowanych przez AI wideorozmów oraz gier online, które mają na celu zmierzenie takich cech, jak inteligencja emocjonalna i kreatywność. Dodatkowo, analiza twarzy i głosu wspomagana przez AI pozwala Unileverowi na ocenę zachowań kandydatów, co pomaga w określeniu, czy dany kandydat pasuje do kultury firmy. Dzięki tym technologiom Unilever zredukował czas potrzebny na screening kandydatów o 50%, co przynosi korzyści zarówno rekruterom, jak i kandydatom.

→ Zhuryk, Yana. „AI Recruitment: 5 Companies Leading the Way”. Agile HRO

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Metoda doboru pracowników i ich rozwoju może mieć wpływ na mniejszą rotację pracowników przynajmniej w początkowym okresie. Po okresie zachwytu nad tymi technologiami, nastąpi odwrót od „wielkiego brata” monitorującego stany psychiczne, wydajność i przydatność pracownika dla firmy.

Zarządzanie zasobami ludzkimi opiera się na umiejętnościach miękkich i często subiektywnej ocenie pracowników. Wykorzystanie w tym obszarze AI zmienia rynek pracy.

Na dziś nie ma żadnego jednego paradygmatu do zarządzania zasobami ludzkimi, upowszechnienie jednego modelu byłoby rewolucją.

Zgadzam się, że wzrost roli AI w zarządzaniu zasobami ludzkimi byłby istotny, ale zarazem uwzględnienie AI nie musi oznaczać, że będzie to czynnik każdorazowo rozstrzygający.

Wydaje się, że wzrost roli AI przyczyni się do wzrostu wydajności firm więc trudno spodziewać się odwrotu.

Dość powszechny jest pogląd, że sztuczna inteligencja ma szansę na zawsze zmienić przyszłość HR, zmieniając utarte poglądy na temat pracy, talentów, ról i umiejętności. Opiera się na świadomości, że jest to obszar niepoddający się zarządzaniu proceduralnemu, a wszelka standaryzacja bardzo szybko zużywa się i traci swą wartość praktyczną. Dotychczasowe wdrożenia skłaniają do optymizmu.

Poprawa dopasowania miejsca pracy do cech pracownika nie ma cech ujemnych, a to jest podstawowa funkcjonalność obecnych modeli AI w tym zastosowaniu. Użytecznych wielkich braci bardzo trudno się porzuca.

(...) W sporcie stosuje się zaawansowane algorytmy do oceny zawodników, ale tam jest dużo danych, którymi możemy „nakarmić” model i uzyskać wiarygodną ocenę. Na rynku pracy jest to dużo trudniejsze i w perspektywie zmniejszającej się podaży pracy kluczowe będzie zarządzanie talentami przez odpowiednio do tego przeszkolonych specjalistów - ludzi.

Skorzystają przede wszystkim sektory z dużą rotacją pracowników i sektory sezonowe.

TEZA 6 Postępująca automatyzacja obsługi klienta

Wdrażanie systemów AI do obsługi interakcji z klientami wykorzystuje technologie takie jak uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego i chatboty do automatyzacji różnych aspektów obsługi klienta, od odpowiadania na proste pytania po rozwiązywanie złożonych problemów. W ostatnich latach, ważnym czynnikiem w popularyzacji digitalizacji, a następnie automatyzacji obsługi

klienta była pandemia, która wzmocniła preferencje klientów do korzystania w pierwszej kolejności z kontaktu telefonicznego lub za pośrednictwem czatu².

- 2 McKinsey. AI customer service for higher customer engagement. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-next-frontier-of-customer-engagement-ai-enabled-customer-service>. Dostęp 20.12.2024.

Systemy AI mogą rozumieć i odpowiadać na zapytania klientów w języku naturalnym, przetwarzać rutynowe żądania, udzielać wsparcia technicznego i rozpatrywać skargi. Analiza danych klientów pomaga personalizować interakcje i przewidywać potrzeby. Sztuczna inteligencja generatywna rozszerza zakres automatyzacji, umożliwiając AI generowanie odpowiedzi i treści podobnych do ludzkich, obsługę szerszego zakresu zapytań, a nawet pomoc w rozwiązywaniu bardziej złożonych problemów. Jednakże, nieprawidłowe wdrożenie sztucznej inteligencji bez nadzoru człowieka może zostać odrzucone przez klientów z powodu poczucia braku empatii i bezosobowości obsługi.

Automatyzacja obsługi klienta prowadzi do redukcji kosztów i zwiększenia wydajności. Ponadto systemy AI mogą działać całodobowo, obsługiwać wiele interakcji jednocześnie i zapewniać spójną jakość obsługi. Z drugiej strony, może prowadzić do utraty miejsc pracy, szczególnie w przypadku ról rutynowych, takich jak agenci call center. Pojawić mogą się za to nowe stanowiska wymagające wiedzy specjalistycznej w zakresie przetwarzania języka naturalnego i analizy danych klientów. Ponieważ technologie sztucznej inteligencji, takie jak chatboty i systemy przetwarzania dokumentów, obsługują coraz więcej zadań tradycyjnie wykonywanych przez ludzi, należy się spodziewać, że zapotrzebowanie na personel obsługi klienta będzie maleć.

SYGNAŁY ZMIAN

Air India, globalna linia lotnicza, uruchomiła usługę asystenta AI do obsługi klienta na WhatsApp.

- Salmon, Kaleah. „Air India Launches AI Assistant AI.g on WhatsApp for Customer Support”. ChannelLife India

Parloa, blisko współpracująca z Microsoftem, stworzyła platformę dla korporacji, która automatyzuje interakcje z klientami przez telefon, czat i aplikacje do przesyłania wiadomości, w szczególności w sektorze ubezpieczeń, handlu elektronicznego, usług publicznych i podróży.

- Sawers, Paul. „Parloa, a Conversational AI Platform for Customer Service, Raises \$66M”. TechCrunch

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Działy obsługi klienta będą zastąpione przez boty, natomiast wzrośnie zapotrzebowanie na umysły kreatywne i analityczne.

Kluczowym wyzwaniem będzie tutaj obsługa klienta w usługach publicznych. W innych częściach rynku pracy, np. w sektorze bankowym, te zmiany już następują i nie prowadzą one do jakościowych zmian.

Nie wszyscy klienci chcą rozmawiać z chatbotem. Zależy to od produktu i segmentu nagród, a także od klientów.

TEZA 7 Postępująca automatyzacja zadań administracyjnych w kontekście rozwoju AI

Automatyzacja zadań administracyjnych, wspierana dynamicznym rozwojem sztucznej inteligencji, staje się kluczowym czynnikiem transformacji sposobu funkcjonowania organizacji. Wdrażanie AI w tym obszarze, jak wynika z raportów i badań, przynosi szereg korzyści, takich jak zwiększona efektywność, redukcja kosztów operacyjnych i poprawa produktywności. Organizacje, zarówno w sektorze prywatnym, jak i publicznym, coraz częściej sięgają po rozwiązania AI, aby usprawnić rutynowe, powtarzalne i czasochłonne zadania administracyjne.

Wdrażanie AI w administracji obejmuje szeroki zakres działań – od prostego zarządzania danymi i komunikacją, po bardziej złożone procesy, takie jak zadania z obszaru HR, sprawozdawczość finansową i weryfikację zgodności dokumentów. Celem automatyzacji jest uwolnienie zasobów ludzkich od rutynowych zadań, umożliwiając im skupienie się na bardziej strategicznych i kreatywnych aspektach pracy. Sztuczna inteligencja, dzięki swojej zdolności do analizowania danych i uczenia się, może znacząco zoptymalizować procesy administracyjne, minimalizując ryzyko błędów i poprawiając ogólną wydajność.

Analiza trendów wskazuje na dynamiczny rozwój automatyzacji zadań administracyjnych w nadchodzących latach. Oczekuje się, że postęp technologiczny, wzrost inwestycji w technologie cyfrowe oraz zmiany na rynku pracy, w tym starzenie się społeczeństw gospodarek rozwiniętych i rosnące koszty zatrudnienia, będą sprzyjać wdrażaniu AI w administracji. Sygnały zmian są widoczne już teraz. Obserwuje się rosnące wykorzystanie platform zrobotyzowanej automaty-

zacji procesów (robotic process automation, RPA) do rutynowych działań, rozwój generatywnej AI, która może generować odpowiedzi na pisma, oraz analizę danych w czasie rzeczywistym, wspierając procesy decyzyjne. Kluczowym aspektem jest również ustanowienie ram prawnych regulujących wykorzystanie AI w administracji, co zapewni etyczne i odpowiedzialne stosowanie tej technologii (szczególnie w kontekście bezpieczeństwa danych).

W dłuższej perspektywie, automatyzacja zadań administracyjnych za pomocą AI będzie miała istotny wpływ na rynek pracy. Z jednej strony, może prowadzić do redukcji etatów w obszarach, gdzie zadania są wysoce rutynowe i powtarzalne. Z drugiej strony, stworzy nowe możliwości zatrudnienia w obszarach związanych z rozwojem, wdrażaniem i zarządzaniem technologiami AI. Kluczowe będzie przekwalifikowanie pracowników i przygotowanie ich do pracy z nowymi technologiami, tak aby mogli oni sprostać zmieniającym się wymaganiom rynku pracy.

Wdrożenie rozwiązań AI wiąże się również z wyzwaniami związanymi z kosztami. Firmy i instytucje muszą być przygotowane na inwestycje w infrastrukturę, oprogramowanie oraz szkolenia dla pracowników, aby efektywnie korzystać z technologii AI. Ponadto, wdrożenie AI niejednokrotnie wymaga zmiany mentalności i kultury organizacyjnej.

Rozwój AI w administracji wymaga również współpracy międzysektorowej. Sektor publiczny, prywatny i naukowy powinny łączyć siły, aby tworzyć innowacyjne rozwiązania, które będą lepiej dostosowane do potrzeb użytkowników. Sztuczna inteligencja otwiera również możliwości personalizacji doświadczeń, zarówno dla pracowników, jak i klientów. Dzięki AI komunikacja, zarządzanie świadczeniami i interakcje z obsługą klienta mogą być dostosowane do indywidualnych potrzeb i preferencji, co przekłada się na większe zadowolenie i efektywność.

SYGNAŁY ZMIAN

Automatyzacja analizy dokumentów prawnych Kira Systems, dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji, automatyzuje proces wydobywania i analizy danych z dokumentów prawnych. To rozwiązanie znacząco redukuje czasochłonne zadania prawników związane z przeglądaniem dokumentów i due diligence, optymalizując pracę administracyjną w kancelariach prawnych.

→ [How Kira Works. kirasystems.com](https://kirasystems.com)

Predykcyjne modele wykrywania oszustw Nowozelandzki Urząd ds. Spółek (Companies Office) wykorzystuje predykcyjne modele oparte na sztucznej inteligencji do identyfikowania potencjalnie fałszywych rejestracji firm.

→ [Chergui, Aziza. Why AI Matters for Public Administration: 4 Compelling Reasons!](#)

Narzędzie A. I. L. A w Czarnogórze Narzędzie AILA jest wykorzystywane przez Ministerstwo Administracji Publicznej Czarnogóry do przyspieszenia działań na rzecz cyfryzacji. Ocenia ono aktualny poziom dojrzałości cyfrowej instytucji i pomaga w planowaniu dalszego rozwoju zgodnie z celami zrównoważonego rozwoju, pozycjonując Czarnogórę jako lidera w integracji AI w sektorze publicznym.

→ UNDP. *Artificial intelligence for more efficient and transparent public administration*. 16 październik 2024,

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Zadania administracyjne są często drogą wejścia na rynek pracy dla nowych pracowników - ich automatyzacja może utrudnić takie wejście lub wymusi zmianę tej ścieżki.

Ta zmiana powinna znacznie usprawnić i przyspieszyć wybrane sektory gospodarki, w tym szczególnie administrację publiczną.

Ta zmiana będzie wymagała mnóstwa kompetencji miękkich, ponieważ automatyzacja decyzji administracyjnych będzie wymagała nadzoru AI i ingerencji pracowników w szczególnych sytuacjach.

Ta zmiana już się stała i będzie nadal postępować.

Być może jestem przesadnym optymistą, ale naprawdę widzę ogromny potencjał w tym, jak obecne LLM skracają czas pracy wszystkich zawodów związanych z tworzeniem treści, zwłaszcza w branży marketingowej.

Ludzie potrzebują ludzi.

Zależy od rodzaju zadań i sektora biznesowego. Generalnie taki trend będzie występował, ale nie wszędzie.

TEZA 8 Postępująca automatyzacja procesów badawczo-rozwojowych

Integracja sztucznej inteligencji i pokrewnych technologii z badaniami i rozwojem (B+R) zmienia oblicze nauki i innowacji technologicznych. Automatyzacja wykracza poza zwiększenie wydajności, fundamentalnie wpływając na sposób, w jaki badania są projektowane, realizowane i analizowane. Zdolność AI do przetwarzania ogromnych zbiorów danych i identyfikacji złożonych wzorców rewolucjonizuje kluczowe aspekty B+R, od generowania hipotez i projektowania eksperymentów po analizę i interpretację danych. Algorytmy AI mogą bowiem wspierać identyfikację nowych kierunków badań i projektować wydajniejsze eksperymenty niż metody tradycyjne, otwierając wcześniej niedostępne dla badaczy ścieżki. Przyspiesza tym samym tempo odkryć.

Jest to szczególnie istotne w takich dziedzinach jak materiałoznawstwo i farmakologia, gdzie AI może np. przewidywać właściwości nowych materiałów lub identyfikować nowe substancje lecznicze, analizując ogromne zbiory danych związków chemicznych i symulując ich interakcje. Dodatkowo, rozwój zautomatyzowanych platform eksperymentalnych, w tym laboratoriów autonomicznych wyposażonych w systemy robotyczne, umożliwia samodzielne przeprowadzanie eksperymentów. Platformy te mogą obsługiwać szeroki zakres czynności w eksperymencie, od projektowania metod i obsługi aparatury po pozyskiwanie i analizę danych, co prowadzi do szybszych i bardziej spójnych wyników oraz obniżenia kosztów badań poprzez możliwość pracy całodobowej.

W materiałoznawstwie, AI już obecnie przewiduje właściwości i stabilność materiałów, co prowadzi do innowacji w różnych gałęziach przemysłu. Przetwarzanie języka naturalnego (natural language processing, NLP) jest wykorzystywane do analizy literatury naukowej i patentów, wydobywając cenne informacje i przyspieszając odkrycia naukowe. Rozpoznawanie obrazów oparte na AI zwiększa efektywność analizy danych eksperymentalnych. Te przykłady ilustrują wszechstronność i potencjał transformacyjny AI w B+R.

Poza konkretnymi dziedzinami, zdolność AI do analizowania złożonych zbiorów danych zmienia sposób, w jaki naukowcy interpretują swoje odkrycia. Algorytmy

AI mogą identyfikować subtelne wzorce i zależności w dużych zbiorach danych, które mogłyby zostać pominięte przez badaczy, otwierając nowe możliwości odkryć. Ta ulepszona analiza danych, w połączeniu z automatyzacją procesów eksperymentalnych, znacząco redukuje czas i koszty w obszarze B+R. Projekty, które wcześniej wymagały lat pracy, mogą być teraz realizowane w ułamku tego czasu, przy mniejszych nakładach. Dodatkowo, narzędzia AI są wykorzystywane do oceny wiarygodności badań przed publikacją, promując solidniejsze i bardziej wiarygodne wyniki oraz adresując problem powtarzalności badań.

Opisywane zjawisko generuje potrzebę interdyscyplinarnej współpracy w branży B+R, angażując specjalistów z zakresu AI, oprogramowania, robotyki, inżynierii i nauk ścisłych. Naukowcy muszą się adaptować do nowych warunków i rozwijać nowe umiejętności, koncentrując się na wdrażaniu AI, analizie dużych zbiorów danych, technologiach automatyzacji i etycznych implikacjach tych technologii. Chociaż automatyzacja zwiększa wydajność i przyspiesza odkrycia, niesie również ryzyko utraty pracy przez badaczy zajmujących się zadaniami rutynowymi.

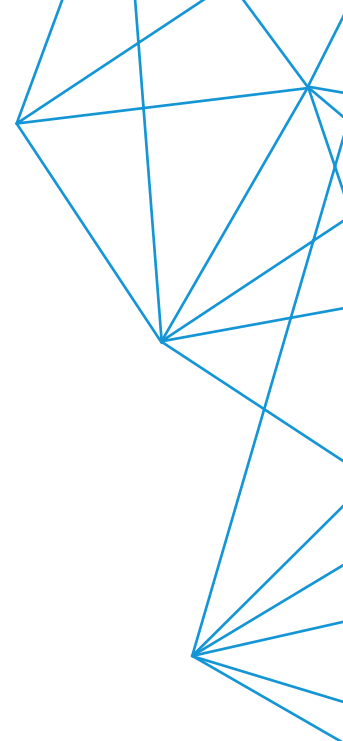
SYGNAŁY ZMIAN

Partnerstwo Siemens–KU Leuven w rozwoju technologii cyfrowych bliźniaków Siemens Digital Industries Software, we współpracy z KU Leuven, utworzył katedrę Digital Twin for Smart and Sustainable Products w celu promowania badań metodologicznych, stymulowania innowacji w zastosowaniach przemysłowych, rozpowszechniania wyników i wspierania działań edukacyjnych w dziedzinie technologii cyfrowych bliźniaków. Katedra ma na celu opracowanie rozwiązań dla różnych wyzwań społecznych, przemysłowych i technologicznych poprzez interdyscyplinarną współpracę i konkretne partnerstwa.

→ Cormack, Andy. „Siemens and KU Leuven Collaborate to Research Digital Twin for Smart and Sustainable Products”. EPMA Association

Postęp w dziedzinie odkrywania leków Google DeepMind ogłosił trzecią wersję swojego modelu sztucznej inteligencji AlphaFold, co stanowi znaczący postęp w odkrywaniu leków. Nowa wersja potrafi przewidywać interakcje białek, co jest kluczowe dla rozwoju leków. DeepMind uruchamia również bezpłatny „Serwer AlphaFold”, przyjazne dla użytkownika narzędzie online, które pozwala naukowcom łatwo testować swoje hipotezy. Eksperci uważają, że AlphaFold 3 ma potencjał, by znacznie przyspieszyć proces odkrywania leków, skracając czas i zasoby potrzebne na badania i rozwój.

→ Coulter, Martin. „Google DeepMind Unveils next Generation of Drug Discovery AI Model”. Reuters



Zautomatyzowane laboratoria Wiele firm farmaceutycznych coraz częściej wdraża automatyzację laboratoryjną, aby usprawnić swoje procesy badawczo-rozwojowe. Technologie automatyzacji zastępują zadania manualne, co znacznie zmniejsza ryzyko błędu ludzkiego i przyspiesza cykle badawcze. Na przykład, systemy automatyczne mogą obsługiwać tysiące próbek jednocześnie, umożliwiając badania przesiewowe o wysokiej przepustowości i szybsze procesy odkrywania leków. Przełomem jest pojawienie się platform oprogramowania, które mogą łączyć i zarządzać różnymi urządzeniami laboratoryjnymi, niezależnie od producenta. Umożliwia to bezproblemową integrację i przepływ danych, co pozwala na lepszą analizę i optymalizację całego procesu odkrywania leków.

→ McKinsey. From bench to bedside: Transforming R&D labs through automation
Latzel, Moritz. What Is Lab Automation? – ESSERT Robotics

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Działalność innowacyjna ma marginalne znaczenie dla procesów na rynku pracy.

Implementacja AI w procesach B+R będzie głównie służyć przyspieszaniu wdrożeń osiągnięć nauki do praktyki przemysłowej. Obecna dynamika tego typu procesów ulegnie przyspieszeniu. Nie zmieni istotnie ogólnego poziomu zatrudnienia, ale rozpocznie dynamiczną jego restrukturyzację, by zmienić rynek pracy ilościowo w następnej dekadzie.

Pracownicy będą musieli wspierać AI, a zarazem nią kierować. To wymaga dużej wiedzy o AI, a zarazem kreatywności.

Badania w obszarze AI i przy pomocy AI będą w istotnej części prowadzone w firmach i instytucjach. Działalność B+R będzie coraz ważniejszym i większym obszarem aktywności gospodarczej.

Oczywiście! Tak jak dziś mamy duże modele językowe, tak już widzimy rozwój dużych modeli fizycznych, biologicznych, chemicznych... Są one łatwe do stworzenia i działają w oparciu o dobrze ugruntowane prawa natury. Może to doprowadzić do obniżenia przez firmy kosztów badań i rozwoju o ponad 50% przy jednoczesnym kilkukrotnym zwiększeniu ich wydajności.

Tak jest już dziś w przypadku większości instytucji i firm.

TEZA 9 Upodmiotowienie AI w strukturze organizacyjnej (agenci AI)

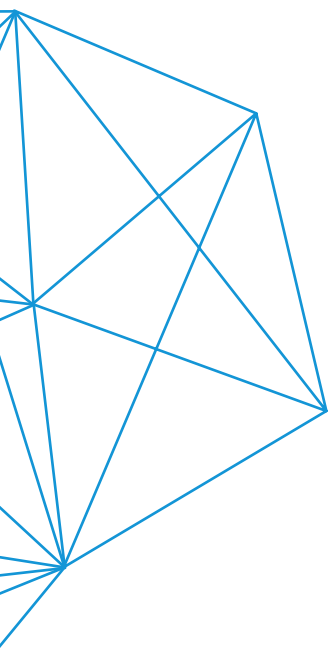
Zwiększenie autonomiczności sztucznej inteligencji może prowadzić do wyodrębnienia jej konkretnej roli w organizacji, przez co AI z narzędzia staje się współpracownikiem pełniącym odpowiedzialność za określone zdania. Obecnie rolę tę pełnią agenci AI, czyli systemy lub programy, będące w stanie autonomicznie wykonywać zadania w imieniu użytkownika lub innego systemu, projektując swój przepływ pracy i wykorzystując dostępne narzędzia. Według przewidywań Deloitte, w 2025 r. 25% firm korzystających ze sztucznej inteligencji może uruchomić programy testowe dotyczące agentów AI, a w 2027 r.

3 Deloitte. Autonomous Generative AI Agents: Under Development. Deloitte Insights, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2025/autonomous-generative-ai-agents-still-under-development.html>. Dostęp 11 luty 2025.

liczba ta może wzrosnąć do 50%³. Niemal każde z zastosowań AI wymienionych w niniejszym raporcie może zostać w przyszłości dodatkowo usprawnione i zautonomizowane poprzez wyodrębnienia agenta. Przyszłe postępy prawdopodobnie obejmą systemy wieloagentowe (multi-agent systems), w których agenci AI współpracują ze sobą, aby sprostać złożonym wyzwaniom, np. zarządzaniem transportem miejskim.

Agenci AI mogą z dużą autonomią wykonywać zadania takie jak planowanie spotkań, dokonywanie rezerwacji, przeprowadzanie analiz rynku (np. analiza trendów cenowych produktów konkurencji) czy zarządzanie projektami (np. koordynacja zadań i terminów). AI może też samodzielnie oceniać, kiedy potrzebna jest pomoc człowieka (human-in-the-loop). Upowszechnienie agentów AI jest ważne szczególnie z perspektywy menedżerów i ich elastyczności w łączeniu tradycyjnych ról z nadzorem nad agentami, w tym krytycznej oceny wyników generowanych przez AI. Skuteczna integracja AI wymaga również opanowania współpracy człowiek-AI oraz rozwoju umiejętności uzupełniających, np. rozwiązywania problemów, komunikacji czy inteligencji emocjonalnej.

Szczególnie podatne na integrację AI ze strukturą organizacyjną są sektory, które charakteryzują się przetwarzaniem dużej ilości danych czy rutynowością zadań,



m.in. usługi finansowe, sektor produkcyjny, zarządzanie zasobami ludzkimi, usługi informatyczne, transport i logistyka.

Istnieją pewne przeszkody w upowszechnieniu się agentów czy systemów AI. Wiele modeli AI działa jako „czarne skrzynki”, co utrudnia zrozumienie procesu podejmowania decyzji, stawia w wątpliwość poprawność wnioskowania, a przez to ogranicza zaufanie co do ich słuszności. Dodatkowo są one ograniczone do danych, które im dostarczono, oraz mają trudności z rozumieniem kontekstu społecznego. Blisko łączy się to z niepewnościami związanymi z etyką podejmowania decyzji w sytuacjach krytycznych i odpowiedzialności za błędy. Każdy spektakularny błąd agenta, a można się spodziewać, że będzie ich coraz więcej, będzie dodatkowo ograniczał zaufanie do tego rodzaju rozwiązań i utrudniał pełne wykorzystanie ich możliwości.

SYGNAŁY ZMIAN

Próby zwiększenia transparentności agentów poprzez wdrożenie nadzoru „human-in-the-loop”, czyli podejścia opartego na współpracy, które integruje ludzką wiedzę specjalistyczną z cyklem życia systemów uczenia maszynowego (machine learning) i sztucznej inteligencji.

→ Greyling, Cobus. „AI Agents With Human In The Loop”. Medium

OpenAI uruchamia agenta AI, który może wykonywać pracę za ludzi.

→ Nguyen, Britney. OpenAI Is Launching an AI Agent That Can Do Work for People. Quartz

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

AI to nie tylko jeszcze jedna grupa narzędzi, ale pierwsza grupa narzędzi, które nie zwiększają produktywności poprzez eliminację czynności wykonywanych automatycznie (proceduralnie), lecz o funkcjonalnościach zarezerwowanych dotychczas tylko dla ludzi. To spowoduje zmiany związane z przewartościowaniem wielu rodzajów pracy. Przykładowo, najbardziej poszukiwane będą osoby zdolne manualnie wykonać coś, czego maszyny nie będą w stanie zrobić jeszcze przez setki lat, natomiast praca prezesa wielkiej korporacji może wymagać umiejętności radykalnie innych od obecnych lub po prostu być zbędna – tak jak policjanta na ulicy przełączającego światła. Systemiki z AI (gdzie są) już dzisiaj robią to lepiej od ludzi i nie potrzebują żadnego nadzoru decyzyjnego, lecz obsługi technicznej.

Systemy AI będą musiały być uwzględniane w opisie organizacji przedsiębiorstwa, a zmniejszenie liczby stanowisk pracy i zastąpienie ich maszynami autonomicznymi da możliwość przesunięcia ludzi na stanowiska, na których maszyny autonomiczne nie będą w stanie wyręczyć człowieka.

Uwzględnienie AI w strukturze organizacyjnej będzie wymagało zmiany podejścia pracowników.

Sz szczególnie istotną rolę ta zmiana będzie miała w usługach publicznych tak, aby poprawić jakość tych usług, a zarazem zachować kompetencje miękkie, takie jak empatia i troska.

Taka jest logika procesu, natomiast trzeba sobie zdawać sprawę, że wejście maszyn AI do naszego życia może zmienić więcej niż telefon komórkowa i internet razem wzięte. Mogą zmienić listę problemów, które zaprzatają naszą głowę dzisiaj. Nie będziemy zastanawiać się, jak wygląda i jak powstaje struktura organizacyjna firmy, być może nie będziemy myśleć w kategorii „podziału ról”. Już teraz w życiu istotnej części ludzi maszyny AI (jeszcze bardzo proste) zmieniły sposób realizacji większości czynności związanych z wykonywaniem pracy i spędzaniem wolnego czasu. A to dopiero początek.

W scenariuszu pozytywnym będziemy mieli więcej czasu na etykę, empatię i troskę. Co więcej, nie tylko w usługach publicznych, ale w każdej aktywności społecznej. Jednak trudno przewidzieć, jak stabilne uwolnienie od przyziemnych trosk egzystencjalnych (będące pochodną skokowego wzrostu produktywności) wpłynie na zachowania społeczne, chciwość, kreatywność itd.

Ta zmiana nakłada na pracowników dodatkowe obowiązki wynikające z odpowiedzialności za rolę AI i nadzór nad nią, co jest szczególnie ważne w usługach publicznych takich jak ochrona zdrowia czy pomoc społeczna.

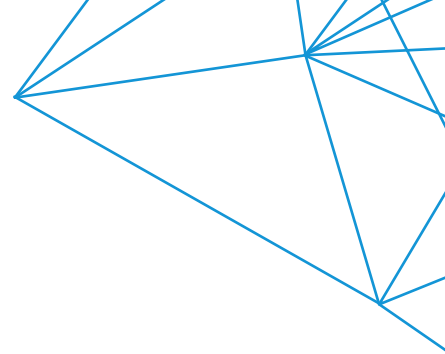
To dzieje się teraz. Jest więc wystarczająco dużo czasu do 2040 roku, aby sfinalizować wdrożenie tego.

TEZA 10 Spadek popytu na pracowników z wyższym wykształceniem

Rynek pracy stoi w obliczu bezprecedensowej transformacji, której motorem jest dynamiczny rozwój technologii, takich jak automatyzacja i sztuczna inteligencja. Paradoksalnie, w tym kontekście obserwujemy zjawisko spadku popytu na pracowników z wyższym wykształceniem w niektórych sektorach i zawodach. Chociaż ogólny trend wskazuje na wzrost zapotrzebowania na specjalistów o wysokich kwalifikacjach, nie przekłada się to automatycznie na wzrost popytu na absolwentów uczelni wyższych. Złożoność tego zjawiska wynika z faktu, że automatyzacja dotyczy również stanowisk, które tradycyjnie wymagały wyższego wykształcenia, takie jak analiza danych, przetwarzanie informacji, a nawet zadania kreatywne. Sztuczna inteligencja, coraz sprawniej radząca sobie z tego typu zadaniami, zagraża niektórym zawodom, które dotychczas były domeną osób z dyplomem.

To zjawisko prowadzi do rozwarstwienia rynku pracy, gdzie z jednej strony powstają nowe możliwości w sektorach zaawansowanych technologicznie i wysoko opłacanych, z drugiej zaś strony, pracownicy z wyższym wykształceniem, szczególnie ci zajmujący stanowiska średniego szczebla, mogą doświadczać wypierania przez automatyzację. W tym kontekście, posiadanie dyplomu uczelni wyższej przestaje być wystarczającą gwarancją bezpieczeństwa zatrudnienia. Kluczowe stają się umiejętności, które muszą być zgodne z dynamicznie zmieniającymi się potrzebami rynku pracy. Obserwujemy istotną zmianę w strukturze poszukiwanych kompetencji. Coraz większego znaczenia nabierają kompetencje technologiczne. Pracodawcy poszukują specjalistów, którzy potrafią biegle posługiwać się narzędziami AI, rozumieją zasady działania algorytmów uczenia maszynowego, potrafią analizować i interpretować duże zbiory danych oraz zarządzać projektami technologicznymi. Równie istotne będą kompetencje miękkie, pozwalające na efektywną pracę w zespole, komunikację, negocjacje, budowanie relacji i rozwiązywanie konfliktów. W dynamicznie zmieniającym się środowisku, kluczowa jest zdolność do adaptacji, uczenia się przez całe życie i elastycznego reagowania na nowe wyzwania. W rezultacie, nawet osoby z imponującym dorobkiem akademickim, ale bez odpowiednich umiejętności, mogą mieć trudności ze znalezieniem pracy. Spadek popytu na osoby z wyższym wykształceniem mógłby też negatywnie wpłynąć na poziom zatrudnienia w sektorze nauki i szkolnictwa wyższego, który na Mazowszu, w porównaniu do innych regionów kraju, jest najbardziej rozwinięty, zarówno nominalnie (liczba uczelni wyższych wynosi niemal 90⁴), jak i przeliczeniu na mieszkańców województwa.

4 Instytucje systemu szkolnictwa wyższego i nauki [<https://radon.nauka.gov.pl/dane/instytucje-systemu-szkolnictwa-wyzszego-i-nauki>] [dostęp 20.12.2024].



SYGNAŁY ZMIAN

Zmiana w praktykach zatrudniania Firmy takie jak IBM zainicjowały programy, takie jak stażowy program „New Collar”, aby rekrutować osoby na podstawie umiejętności praktycznych, a nie formalnych stopni naukowych. Odzwierciedla to szerszy trend, w którym pracodawcy priorytetowo traktują doświadczenie praktyczne i zdolności techniczne ponad tradycyjne kwalifikacje edukacyjne, co potencjalnie zmniejsza popyt na absolwentów ze stopniami wyższymi.

→ Walker, Jessica. [AI Causes Worries About Job Market, Value of Higher Education. GovTech](#)

Zmiana oferty edukacyjnej Instytucje szkolnictwa wyższego coraz częściej dostosowują swoje programy nauczania do umiejętności i kompetencji związanych ze sztuczną inteligencją. Zmiana ta wskazuje na uznanie, że tradycyjne programy studiów mogą nie przygotowywać studentów odpowiednio do zmieniającego się rynku pracy pod wpływem sztucznej inteligencji, co prowadzi do potencjalnego spadku wartości konwencjonalnych stopni naukowych.

→ WEF. [Why AI makes traditional education models obsolete – and what to do about it](#)

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

To by była nie tylko zasadnicza zmiana trendu, ale też znaczące utrudnienie dla roczników 1990 i późniejszych z wysokim tertiary enrollment.

Na Mazowszu większość pracowników to osoby z wyższym wykształceniem, dodatkowo znaczny odsetek kolejnych roczników zdobywa takie wykształcenie, a spadek popytu utrudni im wejście na rynek pracy.

Na tego typu zmianę jest zbyt wcześnie. Okres do roku 2040 jest zbyt krótki, by rozwój technologii myślenia osiągnął poziom, przy którym popyt na wiedzę i umiejętności, które dzisiaj oferuje nam szkolnictwo wyższe, spadł. Przyjmując nawet, że rozwój AI nastąpi tak szybko, że obecna oferta uniwersytecka będzie nieatrakcyjna, to zostanie zastąpiona inną, która jest poza podstawą programową. Dyplom szkoły wyższej będzie nadal miał wartość potwierdzającą status społeczny. Więc niezależnie, jak bardzo zmieni się portfolio najbardziej prestiżowych kompetencji i umiejętności, to rynek pracy dla absolwentów uniwersytetów będzie dość stabilny.

Niestety obserwuję ten trend w moim kraju, gdzie mniej niż 30% absolwentów szkół średnich decyduje się na studia, a 40% na studia branżowe. Jest to odpowiedź na obecne perspektywy zatrudnienia, a także mobilność zawodową. W związku z tym oferta szkolnictwa wyższego będzie musiała przejść transformację do 2040 roku.

Szkolnictwo wyższe zapewnia holistyczne umiejętności, umiejętności komunikacyjne, złożone umiejętności rozwiązywania problemów i wszystkie inne umiejętności potrzebne w złożonym świecie w 2040 roku.

Będziemy musieli radzić sobie ze sztuczną inteligencją, pracować z nią. Do tego potrzebny jest pewien poziom wykształcenia. Ponadto w grę wchodzi inne siły, które w przeszłości doprowadziły do stałego trendu w kierunku szkolnictwa wyższego. Sztuczna inteligencja nie uwolni nas od edukacji, ale będzie wymagać wyższego wykształcenia i - miejmy nadzieję - da nam swobodę inwestowania w szkolnictwo wyższe.

TEZA 11 Zmiany struktury zatrudnienia w sektorze usług

Przewiduje się, że głównie na skutek zmian demograficznych, w szczególności starzenia się społeczeństwa, niskiego poziomu dzietności oraz niewystarczającego poziomu migracji (minimalnie dodatnie prognozowane saldo migracji dla Mazowsza) stopniowo maleć będzie podaż pracowników na Mazowszu. Bez odpowiedniej mitygacji skutków tego zjawiska dotknie ono wszystkich sektorów gospodarki i rynku pracy, także sektora usług. Trudno bowiem wskazać istotne czynniki zmian, które mogłyby wpłynąć na zwiększenie dzietności mieszkańców Mazowsza. W 2022 roku wynosiło ono zaledwie 1,33, znacznie poniżej progu zastępowalności pokoleń. W *Prognozie ludności rezydującej dla Polski na lata 2023–2060* przygotowanej przez GUS prognozuje się, że w województwie mazowieckim (jako jedynym w Polsce) wzrośnie liczba mieszkańców w porównaniu do 2022 roku. Wzrost ten wyniesie ma 2,1%⁵, co oznacza, że będzie minimalny i niewystarczający, by odwrócić negatywne trendy demograficzne.

5 *Prognoza ludności rezydującej dla Polski na lata 2023–2060*, Główny Urząd Statystyczny, s. 5.

Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na podaż pracy może być zmiana stosunku do pracy najmłodszych pokoleń. Już dzisiaj obserwujemy, że pokolenie Z w życiu zawodowym ceni sobie przede wszystkim możliwość realizacji swoich

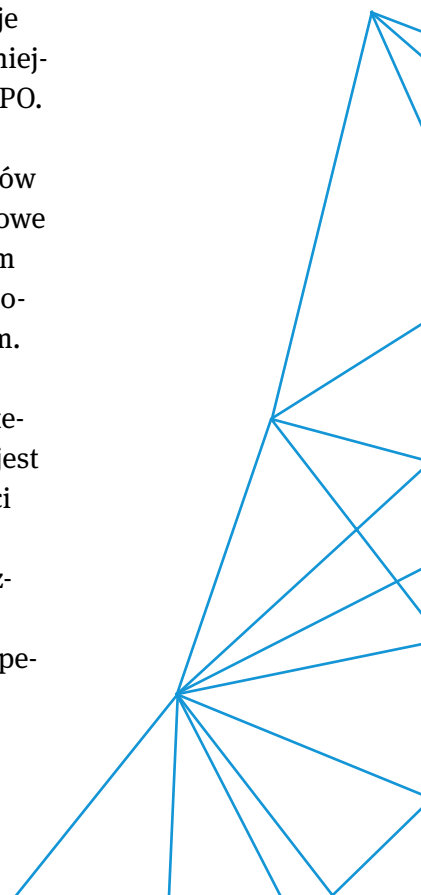
pasji, rozwoju osobistego, budowania dobrych relacji, elastyczności, działania w zgodzie ze swoimi wartościami⁶. I choć badania nie odnoszą się wprost do pracy młodych i przyszłych pokoleń w sektorze usług, przyjąć można, że ze względu na swoje postawy i wartości może być mniej skłonne pracować w tych obszarach branży usługowej, które skupiają się na zadaniach rutynowych, opartych na powtarzalnych schematach i procesach, niewymagających elastyczności, kreatywności, niepozwalających na budowanie trwałych i głębokich relacji międzyludzkich.

Powyższe czynniki zmiany warto rozpatrzyć w powiązaniu z częścią popytową ze względu na to, że w perspektywie roku 2040 sektor usług na Mazowszu może czekać znacząca transformacja strukturalna. Może ona wynikać z czterech nakładających się procesów: rosnącej roli AI i automatyzacji, zmian demograficznych, nowych wzorów pokoleniowych związanych z pracą oraz ewolucji preferencji konsumenckich. Szczególnie interesująca jest interakcja między demografią a rozwojem AI – malejąca liczba pracowników może przyspieszyć automatyzację, a jednocześnie rozwój AI może częściowo łagodzić skutki niedoborów kadrowych.

Należy się spodziewać, że w organizacjach będą się pojawiać nowe technologie, które przejmą rutynowe czy powtarzalne czynności – jak samoobsługowe kasy, chatboty czy systemy oparte na analizie big data – prowadząc do stopniowego wypierania niektórych tradycyjnych zawodów. Ten wzrost automatyzacji może być szczególnie zauważalny w sprzedaży czy prostych zadaniach administracyjnych, gdzie wdrażanie nowych technologii może przyczynić się do redukcji etatów. Jednocześnie w sektorach takich jak finanse, doradztwo biznesowe, edukacja czy opieka zdrowotna, firmy mogą poszukiwać nowych kompetencji niezbędnych do utrzymania wysokiej jakości usług i personalizacji oferty. Mazowsze, z Warszawą jako dominującym centrum gospodarczym, już dziś charakteryzuje się większym udziałem zaawansowanych usług profesjonalnych, co może zmniejszyć ryzyko związane z masowymi redukcjami zatrudnienia w sektorze SSC/BPO.

Z drugiej strony wraz z rozwojem automatyzacji i wdrażaniem nowych systemów sztucznej inteligencji mogą pojawić się nowe role zawodowe, w których kluczowe znaczenie zyskają powiązane ze sobą kompetencje techniczne i wysoki poziom umiejętności miękkich, interpersonalnych, związanych z krytycznym i systemowym myśleniem, a także bezpośrednią interakcją i komunikacją z człowiekiem. Już teraz można zaobserwować załączki stanowisk typu „opiekun klientów AI” – osób wspierających użytkowników w kontakcie z zaawansowanymi systemami – czy „kurator treści generowanej przez algorytmy”, którego zadaniem jest dopasowanie materiałów do kontekstu prawnego i kulturowego. W przyszłości mogą rozwinąć się również zawody związane z integrowaniem ekologicznych rozwiązań opartych na AI, na przykład konsultanci ds. neutralności klimatycznej w łańcuchach usług czy specjaliści czuwający nad etycznym wymiarem automatyzacji procesów. W tym obszarze będą też rozwijane nowe, często ekspe-

6 Zob.: Rynek pracy, edukacja, kompetencje. Aktualne trendy i wyniki badań, PARP, https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Rynek-pracy_maj-2024_v2.pdf, dostęp: 20.12.2024.



rymentalne, modele współpracy człowieka ze sztuczną inteligencją, które prowadzić mogą do powstania zupełnie nowych usług i związanych z nimi ekosystemów.

Tego rodzaju transformacja może w efekcie doprowadzić do istotnej zmiany w sposobie organizacji pracy. W miejsce tradycyjnych etatów w obszarze usług rutynowych i proceduralnych pojawi się prawdopodobnie większe zapotrzebowanie na ekspertów pracujących w elastycznych, projektowych modelach zatrudnienia – często łączących wiedzę technologiczną z umiejętnościami miękkimi.

Ostateczny kształt sektora usług na Mazowszu w 2040 roku będzie wypadkową przeciwnych sił: jednoczesnego ograniczania tradycyjnych miejsc pracy przez sztuczną inteligencję oraz tworzenia nowych, niekiedy trudnych do przewidzenia, specjalizacji. Wynik tej równowagi pozostaje otwarty. Pewne jest to, że to właśnie zdolność do adaptacji i ciągłego rozwoju kompetencji będzie decydować o przyszłej kondycji rynku pracy w regionie.

SYGNAŁY ZMIAN

Nowe wzorce zachowań wśród młodszych pokoleń (np. „quiet quitting” czy „anti-work”) Coraz częściej dyskutowane postawy polegające na ograniczaniu zaangażowania w pracę do absolutnego minimum lub na odrzucaniu wizji kariery opartej na intensywnym rozwoju i zwiększaniu dochodów. Takie ruchy mogą zapowiadać spadek dostępności pracowników gotowych na pełne zaangażowanie w sektorze usług.

Rosnąca liczba długich zwolnień lekarskich i absencji związanych ze zdrowiem psychicznym Z danych ZUS i sygnałów z rynku wynika, że problemy ze stresem zawodowym, wypaleniem czy depresją pojawiają się częściej. Pracownicy usług (szczególnie tych „frontowych”, którzy mają bezpośredni kontakt z klientem) są bardziej narażeni na wypalenie. Jeżeli coraz więcej osób odchodzi (nawet przejściowo) z rynku pracy wskutek chronicznego zmęczenia, niskiej satysfakcji czy problemów psychosomatycznych, pogłębia się deficyt kadry w branżach usługowych.

Zwiększenie luki kompetencyjnej między ofertą a popytem w usługach Szybko rośnie zapotrzebowanie na specjalistyczne usługi (np. wsparcie IT, analizy danych, zaawansowane usługi medyczne i opiekuńcze), podczas gdy system edukacji lub przyzwyczajenia pracowników nie nadążają z dostosowaniem umiejętności. W efekcie wielu tradycyjnych pracowników usługowych nie spełnia wymagań nowych stanowisk, co dodatkowo zmniejsza efektywną podaż pracy.

Rozkwit usług i technologii „age tech” ułatwiających samodzielność seniorów Telemedycyna, inteligentne opaski monitorujące zdrowie, aplikacje do przypominania o lekach, systemy „smart home” (np. czujniki upadku, automatyczna komunikacja z opiekunem). O ile w krótkim okresie rośnie popyt na instalacje i serwis technologii, o tyle w dłuższej perspektywie zmniejsza się zapotrzebowanie na pracę opiekunów czy tradycyjne usługi pomocnicze (np. robienie zakupów, wsparcie w codziennych zadaniach). Może to pozornie zredukować popyt na pracowników usług opiekuńczych – a jednocześnie zwiększy zapotrzebowanie na bardziej wyspecjalizowanych ekspertów IT czy telemedycznych.

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Obecnie większość miejsc pracy na Mazowszu jest w usługach - taka zmiana oznaczałaby albo znaczne zwiększenie bezrobocia albo konieczność zmiany miejsca zamieszkania albo też rozwój innych sektorów - jak np. przemysłu, co jednak jest mało prawdopodobne.

Wraz z rozwojem gospodarczym wszystko staje się usługą, łącznie z produkcją (MaaS). Przyjmując, że zmiana wskazana w tezie będzie faktem, to będzie to efekt depopulacji lub głębokiego kryzysu, którego źródło nie zostało wskazane przez autora pytania.

Produkcja będzie zautomatyzowana i oparta na SI, więc ludzie będą głównie pracować jako dostawcy usług. Oczywiście, na ten trend może wpłynąć starzenie się społeczeństwa, ale ludzie żyją dłużej i mogą również dłużej pracować w sektorze usług. Starsze osoby są bardziej empatyczne, co pozwala im lepiej spełniać rolę w tym sektorze.

Sektor usług prawdopodobnie będzie się rozwijał. Jednak liczba pracowników zmniejsza się z powodu zmian demograficznych. Całkowity współczynnik dzietności w UE wynosi obecnie 1,46. Nawet jeśli niespodziewanie wzrośnie w najbliższych latach, jego efekty nie będą odczuwalne do 2040 roku. Zatem podaż pracy w branżach usługowych będzie niższa niż obecnie.

Przesunięcie w kierunku sektora usług będzie kontynuowane, a imigracja na europejski rynek pracy nadal będzie miała miejsce. Trend ten będzie częściowo wynikiem rosnącej automatyzacji i zastosowania SI w produkcji.

TEZA 12 Wzrost strukturalnego bezrobocia wywołanego AI

Strukturalne bezrobocie oznacza taką sytuację na rynku pracy, w której znaczna część pracowników staje się trwale zbędna w dotychczasowych zawodach z uwagi na automatyzację, robotyzację i szerokie wykorzystanie systemów AI. W naszym badaniu eksperci oceniali hipotezę, w której założono, że w perspektywie do 2040 roku na Mazowszu pojawić się może 20% bezrobocie strukturalne wywołane rozwojem AI.

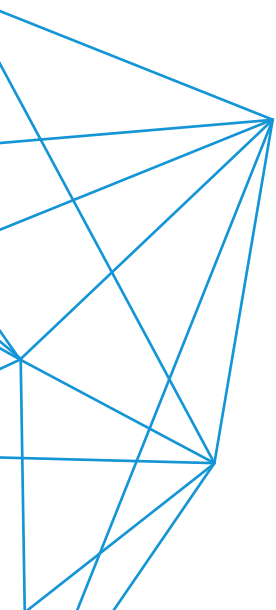
Tak wysokie prognozy stanowią rzadkość w dostępnych raportach i analizach. Wskazują one raczej na istotne zmiany na rynku pracy wywołane przez sztuczną inteligencję, jednak same przewidywania dotyczące konkretnej i tak wysokiej stopy bezrobocia w danym regionie (np. na Mazowszu) zazwyczaj są traktowane z rezerwą. Równocześnie jednak sygnały płynące z polskiego rynku pracy ujawniają poważne ryzyka. W Polsce w ostatnim roku 37% firm zwolniło pracowników z powodu robotyzacji lub AI, a 24% przedsiębiorstw wdraża obecnie rozwiązania z zakresu AI i automatyzacji⁷.

7 Barometr polskiego rynku pracy, Raport Personnel Service, VII edycja, I półrocze 2024, https://personnelservice.pl/wp-content/uploads/2024/04/Barometr-Polskiego-Rynku-Pracy_1H2024_Personnel-Service.pdf

Skala bezrobocia strukturalnego na poziomie 20% może zależeć od wielu czynników, takich jak tempo wdrażania AI, inwestycje w „reskilling” i „upskilling” pracowników czy dostępność nowych miejsc pracy powstających w wyniku rozwoju sektora AI. Ewentualne 20% bezrobocie strukturalne stanowiłoby duże wyzwanie społeczne, ekonomiczne i polityczne, wymuszając przekształcenia systemów edukacji, szkolnictwa zawodowego i polityki rynku pracy (np. wspieranie przekwalifikowania, subsydia dla nowych projektów związanych z AI, zmiany w prawie pracy).

Taka sytuacja wymagałaby kompleksowych działań adaptacyjnych: od przyspieszenia programów przekwalifikowań i kształcenia ustawicznego, przez inwestycje w innowacje tworzące nowe miejsca pracy, aż po rozważanie mechanizmów takich jak uniwersalny dochód gwarantowany (UBI) czy dodatkowe opodatkowanie robotyzacji i AI.

Istotnym katalizatorem, który mógłby wywołać istotne zaburzenia na rynku pracy, w tym bardzo wysokie bezrobocie, mogłoby być pojawienie się Ogólnej Sztucznej Inteligencji (Artificial General Intelligence) – czyli hipotetycznej przyszłej generacji sztucznej inteligencji (AI), o zdolności uczenia się i wykonywania zadań poznawczych i metapoznawczych zbliżonej do ludzkiej lub ją przewyższającej pod wszystkimi lub prawie wszystkimi względami – albo istotne przyspieszenie rozwoju sprawczej sztucznej inteligencji (agentic AI), która potrafiłaby realizować złożone zadania w sposób autonomiczny, podejmując decyzje bez nadzoru człowieka w dynamicznych warunkach, budując złożone, wieloetapowe i nowe strategie realizacji celów, które adaptuje i zmienia



w zależności od zmieniających się okoliczności. Choć wiele badaczy i badaczek sztucznej inteligencji pozostaje sceptycznych wobec możliwości pojawienia się takich modeli⁸, inni – jak autorzy artykułu „Basic income and AI-induced unemployment” – nie bagatelizują możliwości zaistnienia takiej sytuacji w przyszłości: „W tym momencie uważamy, że istnieje niebagatelne prawdopodobieństwo, że te systemy mogą zastąpić wiele dziedzin zarówno pracy fizycznej (co do pewnego stopnia już zaczyna się dziać), jak i intelektualnej wykonywanej przez ludzi. To właśnie możliwość zastąpienia tej drugiej kategorii budzi szczególny niepokój”⁹. Co więcej, nie wiemy dokładnie, jakie właściwości emergentne – czyli takie, które nie zostały wcześniej przewidziane i zaprogramowane w systemie, lecz pojawiają się w wyniku złożonych interakcji między jego różnymi elementami – pojawią się już po wdrożeniu nowych dużych modeli językowych (LLM) czy nowych systemów AI opartych na sieciach neuronowych¹⁰. Część z nich może być zaskakująca i może w znacznie większym stopniu, niż to szacujemy dzisiaj, wpłynąć na mazowiecki rynek pracy.

SYGNAŁY ZMIAN

Dyskusje o dochodzie podstawowym W debacie publicznej pojawiają się postulaty wprowadzenia bezwarunkowego dochodu gwarantowanego (UBI) w celu zabezpieczenia osób zagrożonych utratą pracy z powodu automatyzacji¹¹.

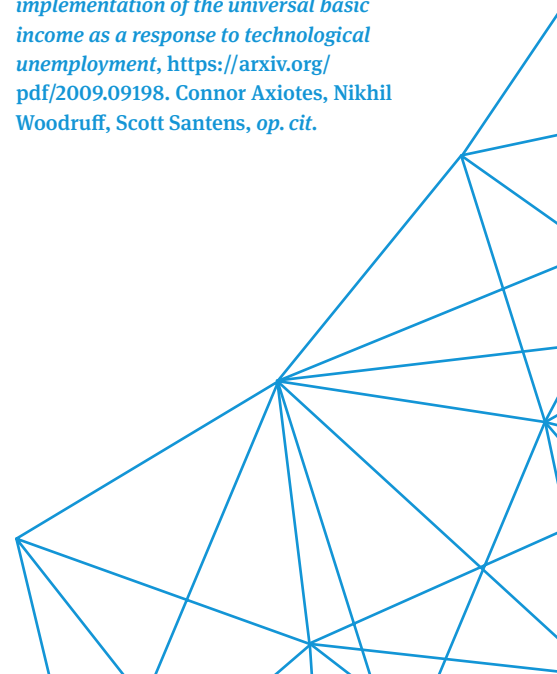
Worldcoin i inne próby wprowadzenia globalnych rozwiązań redystrybucyjnych Worldcoin, projekt zakładający m.in. tworzenie uniwersalnej tożsamości cyfrowej i potencjalną dystrybucję środków na globalną skalę z wykorzystaniem technologii blockchain, odzwierciedla rosnące zainteresowanie mechanizmami mogącymi wspierać osoby zagrożone utratą pracy w wyniku automatyzacji i AI. Może to być zarówno sygnał rosnącej akceptacji dla idei uniwersalnego dochodu gwarantowanego w przyszłości, jak i wczesne wskazanie kierunku, w którym będą ewoluować nowe, w pełni cyfrowe modele dystrybucji świadczeń i zabezpieczeń społecznych.

8 Przeglasińska, Aleksandra. Triantoro, Tamilla. *Our AI Predictions for 2025: Business, Personal Life, and Education*, AI ONE ON ONE, <https://www.linkedin.com/pulse/our-ai-predictions-2025-business-personal-life-przegalinska-ofdgc/>

9 Axiotes, C., Woodruff, N., Santens, S. *Basic income and AI-induced unemployment*, Adam Smith Institute, https://www.adamsmith.org/blog/basic-income-and-ai-induced-unemployment?utm_source=chatgpt.com, dostęp: 20.12.2024.

10 Zob. Dickson, Ben. *AI scientists are studying the “emergent” abilities of large language models*, <https://bdtechtalks.com/2022/08/22/llm-emergent-abilities/>, dostęp: 20.12.2024.

11 Zob. Schmarzo, Bill. *AI Dividend, Universal Basic Income, and Economic Multiplier Effect*, <https://www.datasciencecentral.com/ai-dividend-universal-basic-income-and-economic-multiplier-effect/>, dostęp: 20.12.2024. Nguyen, Le Dong Hai. *On the implementation of the universal basic income as a response to technological unemployment*, <https://arxiv.org/pdf/2009.09198>. Connor Axiotes, Nikhil Woodruff, Scott Santens, *op. cit.*



WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

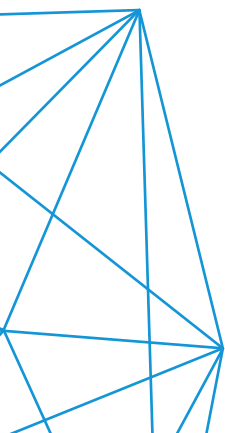
Sztuczna inteligencja nie ma natychmiastowego, długoterminowego wpływu na rynek pracy. Jeśli, powiedzmy, tłumacze – reprezentujący bardzo kreatywną profesję – stracą pracę z powodu AI, znajdą sposoby na wykorzystanie swojej kreatywności właśnie dzięki AI. Miejsca pracy będą tworzone tam, gdzie istnieje zapotrzebowanie rynkowe na rozwiązania. Jeśli PKB per capita wzrośnie lub pozostanie na tym samym poziomie, AI ułatwi powstawanie nowych usług, które przynajmniej częściowo będą wymagały zaangażowania ludzi do ich obsługi.

Do 2040 roku będzie wystarczająco dużo czasu na adaptację rynku pracy. Jeśli jednak okaże się, że ta teza się zrealizuje, nie będziemy tego interpretować jako bezrobocia strukturalnego, ponieważ pojawi się wyjaśnienie, że ludzie potrzebują więcej czasu na życie osobiste. Chcę powiedzieć, że koncepcja bezrobocia strukturalnego ulegnie zmianie.

Istnieje wiele publikacji na temat tego, ile miejsc pracy zostanie zastąpionych przez sztuczną inteligencję. Jednak, mimo że AI już istnieje, brak jest empirycznych dowodów na te prognozy. Nie każde stanowisko, które mogłoby zostać zastąpione przez AI z technicznego punktu widzenia, faktycznie zostanie zastąpione.

TEZA 13 Wzrost liczby nowych stanowisk pracy w wyniku rozwoju AI

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji prowadzi do strukturalnej transformacji rynku pracy. Podczas gdy wiele stanowisk pracy obsadzonych dzisiaj przez ludzi zastąpionych zostanie przez sztuczną inteligencję, równocześnie powstanie wiele nowych, adekwatnych do nowych ekosystemów wytworzonych przez działanie AI. O części z nich już wiemy, część staje się przedmiotem spekulacji, podczas gdy inne wciąż pozostają nierozpoznane. Bilans nowych miejsc pracy



do miejsc pracy, które ulegną likwidacji, wciąż pozostaje jednak jedną z głównych niepewności. W naszym badaniu eksperci ocenili prawdopodobieństwo osiągnięcia dodatniego bilansu netto – a zatem większej liczby nowych stanowisk pracy powstałych w wyniku rozwoju AI niż stanowisk pracy zlikwidowanych – stosunkowo nisko, na 3,6 na skali od 0 do 10. W badanym gronie panowały jednak istotne rozbieżności, skutkujące wysokim poziomem odchylenia standardowego (2,55).

Wynik ten różni się jednak istotnie od hipotez przedstawionych w najnowszym raporcie *Future of Jobs Report 2025* World Economic Forum¹², w którym szacuje się, że w perspektywie do 2030 roku w skali globalnej nadwyżka nowych miejsc pracy nad tymi, które zostaną zlikwidowane, wyniesie 7%, co w skali globalnej oznacza wzrost zatrudnienia w stosunku do sytuacji z końca 2024 o 78 milionów. Dojdzie do strukturalnej zmiany obejmującej ponad 1/5 światowego rynku pracy (22%). Powstanie 170 milionów nowych miejsc pracy (wzrost o 14% w stosunku do stanu z końca 2024 roku) – twierdzą autorzy raportu – podczas gdy 92 miliony zostaną zlikwidowane (spadek o 8%). Wśród zawodów, które przekładają się na największy wzrost miejsc pracy, znajdują się m.in. specjaliści od big data, inżynierowie fintechów, specjaliści od sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, specjaliści ds. zarządzania bezpieczeństwem, projektanci UI i UX, specjaliści od internetu rzeczy, analitycy danych, inżynierowie środowiskowi czy inżynierowie ds. odnawialnych źródeł energii. Z kolei zawody, które w najszybszym tempie będą redukowane, to m.in. urzędnicy pocztowi, kasjerzy bankowi, operatorzy wprowadzający dane, kasjerzy i sprzedawcy biletów, księgowi i kadrowi, graficy, urzędnicy prawni czy telemarketerzy.

12 WEF. (2025). *Future of Jobs Report 2025*, s. 18–22.

Postępująca automatyzacja procesów biznesowych, zdolność do przetwarzania i analizowania masowych zbiorów danych oraz wszechstronne zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego fundamentalnie zmieniają sposób funkcjonowania organizacji. W rezultacie przedsiębiorstwa nie tylko przekształcają swoje procesy operacyjne, ale również intensywnie poszukują specjalistów wyposażonych w kompetencje odpowiadające wymaganiom gospodarki cyfrowej. Jednocześnie obserwujemy systematyczne przejmowanie przez systemy AI zadań rutynowych, powtarzalnych i przewidywalnych, co prowadzi do głębokiej restrukturyzacji zatrudnienia w wielu sektorach gospodarki. Jako scenariusz bazowy, wbrew ocenie europejskich ekspertów, proponujemy taki, w którym do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych. Taka sytuacja będzie w szczególności wynikiem wzrostu zatrudnienia w sektorze usług, dominującym na Mazowszu. Prawdopodobnie jednak zmiana ta nie będzie zachodzić liniowo. Towarzyszyć jej będą rozmaite turbulencje, stany przejściowe, wysoki poziom niestabilności i niepewności. W pierwszym okresie pojawić się może ujemny bilans zatrudnienia i spadek miejsc pracy w wyniku zastępowania ich przez sztuczną inteligencję. W dłuższej perspektywie czasowej, do 2040 roku, sztuczna inteligencja wytworzy jednak bardzo wiele nowych systemów, w których kluczowe będą różne modele i warianty współpracy człowieka z inteligentną maszyną.



SYGNAŁY ZMIAN

Lokalne inicjatywy edukacyjne i mikroprogramy szkoleniowe

Microsoft uruchomił w Polsce platformę AI Skills Navigator, oferującą ponad 200 bezpłatnych kursów z zakresu sztucznej inteligencji w języku polskim. Inicjatywa ta ma na celu przeszkolenie miliona osób w Polsce do końca 2025 roku, co wskazuje na rosnące zapotrzebowanie na umiejętności związane z AI w różnych regionach kraju.

→ Microsoft ogłasza inwestycję w szkolenia AI w Polsce – milion osób zdobędzie nowe kompetencje

Powstanie zawodów związanych z redukcją uprzedzeń algorytmicznych (AI bias)

W artykule *Towards Sustainable Artificial Intelligence: An Overview of Environmental Protection Uses and Issues* autorzy omawiają wyzwania związane z uprzedzeniami algorytmicznymi w kontekście ochrony środowiska. Podkreślają, że brak odpowiednich danych środowiskowych może prowadzić do stronniczości w modelach AI, co z kolei może skutkować niesprawiedliwymi lub nieefektywnymi decyzjami. W związku z tym można przewidywać, że w przyszłości pojawi się zapotrzebowanie na specjalistów odpowiedzialnych za identyfikację i eliminację uprzedzeń w danych treningowych, co będzie kluczowe dla odpowiedzialnego wdrażania AI w obszarach wymagających wysokiej precyzji i sprawiedliwości, takich jak ochrona środowiska czy zrównoważone zarządzanie zasobami.

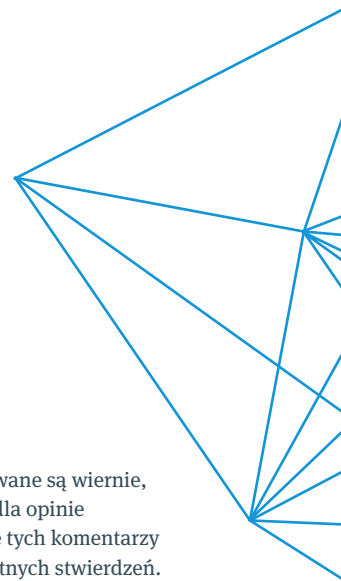
→ Pachot, Arnault. Patissier, Céline. *Towards Sustainable Artificial Intelligence: An Overview of Environmental Protection Uses and Issues*, <https://arxiv.org/pdf/2212.11738>

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Jeżeli AI przyczyni się do zwiększenia zapotrzebowania na pracę, trudno będzie zaspokoić to zapotrzebowanie. Zmiany demograficzne będą przyczyniały się do wzrostu deficytu pracowników na rynku.

Wydaje się, że nowe miejsca pracy będą powstawać głównie w sektorze usług publicznych i w branżach kreatywnych.



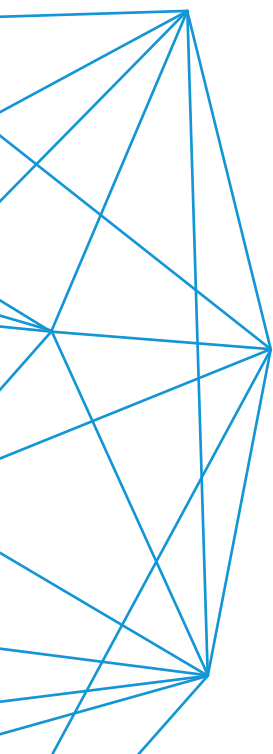
W najbliższych latach będzie rosło zapotrzebowanie na ochronę zdrowia, edukację, pomoc społeczną. To branże, które wymagają umiejętności miękkich i holistycznej perspektywy.

Przeanalizowane przez nas wyniki badań empirycznych na ten temat, jak dotąd, nie wykazują żadnych strat w zatrudnieniu – wbrew wszelkim oczekiwaniom. Sądzę, że wiele zależy od decyzji politycznych oraz od tego, w jaki sposób wypracowana przez AI wartość ekonomiczna zostanie rozdzielona w społeczeństwie.

Głównym celem automatyzacji było obniżenie kosztów pracy ludzkiej, a nie wzrost zatrudnienia, mimo ewentualnych zmian i reorganizacji w projektowaniu stanowisk pracy. Patrząc na hierarchię wartości pokolenia Gen Z, wyraźnie widać, że bardziej cenią oni wolny czas niż samą „pracę”. Przewiduję, że coraz więcej firm będzie wprowadzać czterodniowy tydzień pracy, a także pojawi się więcej aktywności podejmowanych poza sferą tradycyjnego, płatnego zatrudnienia. Nie zapominajmy też, że społeczeństwo się starzeje i w 2040 roku osób w wieku produkcyjnym będzie mniej niż obecnie.

TEZA 14 Poprawa elastyczności i zdolności adaptacji firm w wyniku rozwoju AI

Sztuczna inteligencja, między innymi dzięki automatyzacji zadań, zmienia sposób działania organizacji. AI dostarcza narzędzia do działań szybszych i mniej subiektywnych, bo opartych na danych: podejmowania decyzji, oceny ryzyka i analityki predykcyjnej, co w swym złożeniu umożliwia firmom wręcz natychmiastowe i skuteczniejsze reagowanie na zmieniające się warunki rynku. Większa elastyczność firm jest też związana z wszechstronnością wykorzystania sztucznej inteligencji – z jednej strony wskazuje predyspozycje do standaryzacji procesów, a z drugiej do wspierania kreatywności i rozwoju innowacyjności. AI wspiera zdolność firmy do rozpoznawania i wykorzystywania nowych szans rynkowych i technologicznych oraz ułatwia dostosowanie organizacji do nowych kierunków strategicznych – lepiej integrować procesy, wykorzystywać zasoby i przyspieszać niezbędne zmiany wewnętrzne, co sprzyja długoterminowemu rozwojowi. Podstawą są jednak już wyjściowo elastyczne struktury wewnątrz organizacji.



Wykorzystanie przewagi konkurencyjnej związanej z AI wymaga od organizacji wypracowania strategii rekrutacji, podnoszenia kwalifikacji i redystrybucji siły roboczej, co kładzie nacisk na większą elastyczność po stronie pracowników, ciągłego uczenia się i podnoszenia kwalifikacji. Firmy mogą przesunąć środki w budżecie z zatrudnienia na rozwój technologii, co może prowadzić do redukcji zatrudnienia i przekwalifikowania personelu do bardziej strategicznej, kreatywnej lub złożonej pracy. Rynek pracy może również stale zmieniać się wraz z rozwojem nowych technologii. Przeszkodą może okazać się brak wewnętrznych kompetencji w zakresie AI (niewystarczające umiejętności wśród pracowników) i niedobór talentów (specjalistów ds. AI, analityków danych). Podstawowy problem mogą również stanowić braki w danych – o niskiej jakości, niespójnych lub niekompletnych, podobnie kosztowna może okazać się integracja z istniejącą infrastrukturą IT. Pogłębiające się problemy w tym zakresie mogą doprowadzić do zdominowania rynku przez kilku wiodących graczy. Warto podkreślić, że branże ze złożonym środowiskiem regulacyjnym lub te, które w dużym stopniu polegają na interakcji z ludźmi, mogą mieć większe trudności z adaptacją rozwiązań AI.

SYGNAŁY ZMIAN

Połączenie tradycyjnego uczenia się z wiedzą o AI daje firmom aż 80% większą skuteczność w radzeniu sobie z niepewnością.

→ BCG. *Organizations Combining Organizational Learning and AI-Specific Learning Are up to 80% More Effective at Managing Uncertainty*

Upowszechnienie nowych, bardziej elastycznych form zatrudnienia.

→ WEF. *How 'everyday' flexibility can unlock engagement, productivity and growth*

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Jeśli już dzisiaj firmy radzą sobie nieźle na rynku pracy, to znaczy, że go zmieniają, a gdy będą miały jeszcze coraz sprawniejsze AI, to będą to robić jeszcze szybciej.

Polski rynek pracy wciąż nie jest zbyt elastyczny. Ta zmiana wymusiłaby zmianę podejścia wielu pracowników.

Tak jest, ale zmiana AI ułatwi zmiany również pracownikom - będą się nią wspomagać.

Wzrost elastyczności i adaptacyjności z założenia zakłada szybki proces zmian.

Tu kluczowa będzie elastyczność, a zarazem twórcze myślenie.

TEZA 15 Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa

Wraz z rozwojem coraz bardziej zaawansowanych modeli sztucznej inteligencji, wzrasta również rola osób odpowiedzialnych za cyberbezpieczeństwo. Już teraz, pomimo zabezpieczeń wprowadzanych przez firmy rozwijające sztuczną inteligencję, Duże Modele Językowe (Large Language Models) mogą wspierać tworzenie i wdrożenie technik, taktyk i strategii zupełnie nowych ataków. Z drugiej strony, gospodarka oparta na danych, przemysł 4.0 i 5.0, powiązane ze sobą systemy czujników w ramach internetu rzeczy, w coraz większym stopniu łączyć się będą z systemami sztucznej inteligencji, które przetwarzać będą ogromne ilości danych i na tej podstawie zarządzać w czasie rzeczywistym procesami decyzyjnymi, produkcją czy logistyką. Współzależność (interdependency) pomiędzy sferą cyfrową i materialną, nasycenie tej drugiej czujnikami i kontrolerami, skutkować będzie znacznie większą złożonością nowych ekosystemów cyfrowo-fizycznych, a w konsekwencji coraz bardziej wyrafinowanymi i nieoczywistymi cyberatakami oraz niespotykanymi wcześniej punktami podatności.

Sztuczna inteligencja wspiera też nowe formy dezinformacji i służyć może do współtworzenia i przeprowadzania wyrafinowanych form ataków w oparciu o deep fake'i. Mogą one mieć charakter spersonalizowanych komunikatów phishingowych, w których ofiara skonfrontowana zostaje z bardzo wyrafinowanym komunikatem skonstruowanym pod jej kątem, z uwzględnieniem kontekstu, stylów komunikacji, profilu behawioralnego czy innych danych osobistych. Sztuczna inteligencja będzie też służyć do projektowania i przeprowadzania nowych ataków, których reguł jeszcze nie znamy, w krótkim czasie testując duże ilości wariantów i wybierając ten najskuteczniejszy.

A zatem relacje pomiędzy sztuczną inteligencją i cyberbezpieczeństwem są trojaki. Z jednej strony, mówimy tutaj o nowych wektorach ataków i nowych

technikach, taktykach i strategiach stosowanych przez atakujących z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Z drugiej, sztuczna inteligencja może wspierać cyberbezpieczeństwo. Z trzeciej, same modele sztucznej inteligencji podatne są na rozmaite formy ataków i im częściej i powszechniej są wykorzystywane, tym większą rolę odgrywać będzie ich zabezpieczanie¹³.

13 Zob.: ENISA. (2020). *AI Cybersecurity Challenges. Threat Landscape for Artificial Intelligence.*

Kiedy tak wiele elementów rzeczywistości funkcjonować będzie w oparciu o oprogramowanie i połączone zostanie w sieć, ryzyko związane z cyberbezpieczeństwem wzrastać będzie wykładniczo. Sytuacja ta wymusi nie tylko korzystanie z coraz doskonalszych automatycznych i autonomicznych zabezpieczeń, ale też może zwiększyć znaczenie i rolę człowieka w przypadku wielosektorowych i nietypowych ataków.

Ludzie bowiem mają szczególną zdolność do rozumienia kontekstu i odnajdywania się w sytuacjach nietypowych. Odpowiednio wykwalifikowani, potrafią dostrzec nieoczywiste powiązania pomiędzy zdarzeniami pozornie odległymi, korzystając ze swojej intuicji i wyobraźni, które nie mają kalkulacyjnego charakteru. Istotną rolę odgrywa tutaj myślenie systemowe, które oparte jest na rozumieniu przyczynowości, a nie wyłącznie korelacjach, jak dzieje się to w przypadku algorytmów uczenia maszynowego. W przypadku realizacji ataków opartych na socjotechnice, to właśnie te kompetencje w powiązaniu z doświadczeniem i zdolnością krytycznego myślenia mogą przesądzić o skuteczności działania, pod warunkiem, że system będzie zaprojektowany tak, aby specjalista miał szansę zainterweniować. O ile sztuczna inteligencja dobrze radzi sobie z analizowaniem dużych zbiorów danych, wykrywając w nich wzorce o korelacyjnym charakterze i tworząc modele probabilistyczne, o tyle wysoko wykwalifikowany specjalista ma szansę lepiej poradzić sobie z tym, co nowe, nieoczywiste albo celowo zaprojektowane tak, by wymknąć się systemom klasyfikacji sztucznej inteligencji. W tym ostatnim przypadku niebagatelną rolę odgrywać może również ludzka kreatywność.

W sektorze cyberbezpieczeństwa powstają i powstawać będą nowe zawody, m.in. (lista zawiera zarówno przykładowe zawody już istniejące/wschodzące, jak i spekulatywne):

- ▶ Specjalista ds. bezpieczeństwa blockchain,
- ▶ Data Scientist / ML Engineer ds. cyberbezpieczeństwa,
- ▶ Architekt bezpieczeństwa internetu rzeczy,
- ▶ Specjalista OSINT (Open Source Intelligence) / białego wywiadu,
- ▶ Menedżer ds. cyberbezpieczeństwa łańcuchów dostaw (*Cyber Supply Chain Risk Manager*),
- ▶ Haker / pentester (*red-teamer*),
- ▶ Inżynier ds. bezpieczeństwa automatyzacji (*Automation Security Engineer*),
- ▶ Specjalista ds. foresightu strategicznego w obszarze cyberbezpieczeństwa,
- ▶ Inżynier ds. neurobezpieczeństwa (*Neurosecurity Engineer*),
- ▶ Analityk Centrum Operacji Bezpieczeństwa (SOC).

Opublikowany przez Agencję Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa raport *Cybersecurity Skills Development in the EU* zwracał uwagę na fakt, że cyberbezpieczeństwo jest jednym z sektorów na rynku pracy borykających się z największym deficytem kadrowym¹⁴. Równocześnie wydaje się to sektor kluczowy dla zachowania wzrostu gospodarczego, bezpieczeństwa zarówno państw, jak i różnych gałęzi przemysłu.

„Szybka cyfryzacja światowej gospodarki – czytamy w raporcie ENISA – oznacza, że dane, sieci i systemy stały się kręgosłupem współczesnych społeczeństw. Zagrożenia dla ich poufności, integralności lub dostępności sugerują, że kraje mogą doświadczyć zahamowania swojego rozwoju gospodarczego”¹⁵. Coraz więcej podmiotów gospodarczych uświadamiać będzie sobie tę zależność i inwestować w powstawanie stanowisk związanych z cyberbezpieczeństwem.

14 Fabio Di Franco, Tommaso De Zan, *Cybersecurity Skills Development in the EU*, European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), 2019, <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/publications/ENISA%20Report%20-%20Cybersecurity%20Skills%20Development%20in%20the%20EU.pdf>, s. 8.

15 *Ibidem*, s. 6.

SYGNAŁY ZMIAN

Nowe regulacje prawne Wprowadzenie unijnych dyrektyw, takich jak NIS2, REC czy DORA, nakłada na przedsiębiorstwa obowiązek podniesienia standardów bezpieczeństwa cyfrowego. To z kolei generuje zapotrzebowanie na specjalistów zdolnych do wdrożenia i nadzorowania tych regulacji¹⁶.

16 Jules Thomas, « C'est un métier! »: la cybersécurité, tantôt ingénieur, tantôt juriste, une fonction multifacettes, *Le Monde* [https://www.lemonde.fr/emploi/article/2024/11/04/c-est-un-metier-la-cybersecurite-tantot-ingenieur-tantot-juriste-une-fonction-multifacettes_6374889_1698637.html] [dostęp: 20.12.2024].

Nowe specjalizacje w obszarze cyberbezpieczeństwa Pojawiają się nowe role, takie jak analityk SOC (Security Operations Center) czy analityk złośliwego oprogramowania, które nie zawsze wymagają formalnego wykształcenia, ale kładą nacisk na praktyczne umiejętności i certyfikaty¹⁷.

17 10 najlepszych zawodów związanych z cyberbezpieczeństwem, o które możesz się ubiegać bez dyplomu, *Code Labs Academy* [<https://codelabsacademy.com/pl/blog/top-10-cybersecurity-jobs-that-you-can-apply-for-without-a-degree>] [dostęp: 20.12.2024].

WYBRANE KOMENTARZE EKSPERTÓW

UWAGA Poniższe komentarze pochodzą od różnych uczestników badania delfickiego i cytowane są wiernie, z minimalnymi korektami językowymi w celu zapewnienia czytelności. Ich treść odzwierciedla opinie poszczególnych osób i niekoniecznie jest zgodna z poglądami autorów raportu. Przytoczenie tych komentarzy ma na celu przedstawienie szerokiego spektrum opinii, a nie wyrażenie poparcia dla konkretnych stwierdzeń.

Im więcej branż będzie zależnych od AI, tym więcej z nich będzie podatnych na ataki cyfrowe.

Wzrost liczby ataków i rosnący poziom komplikacji technicznej tych ataków będzie generował popyt na pracowników niezbędnych w systemach cyberbezpieczeństwa.

Zestawienie zmian i trendów kształtujących przyszły rynek pracy w Europie i na Mazowszu

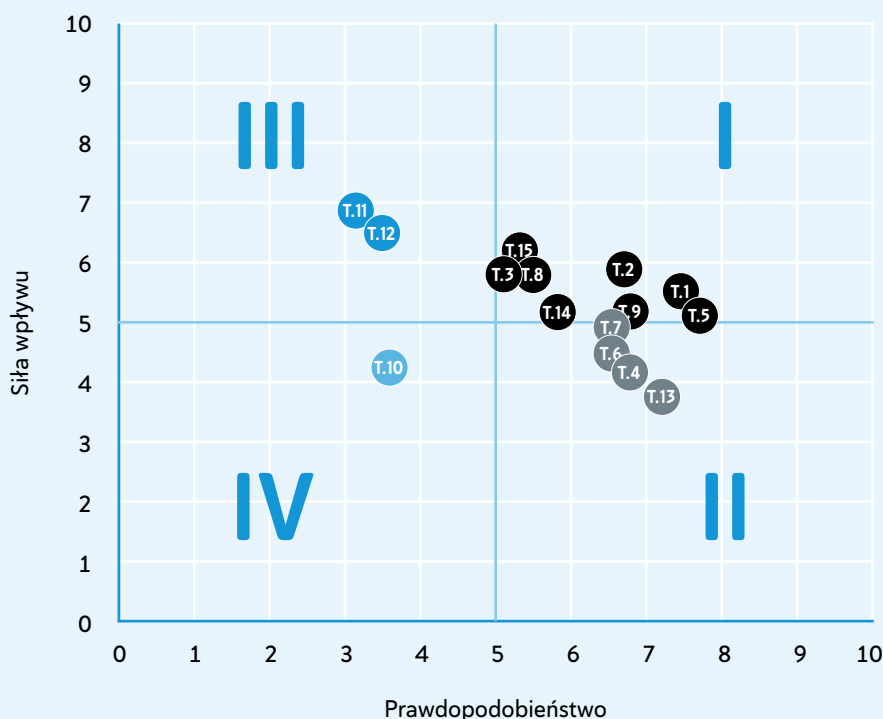
Niniejszy rozdział stanowi podsumowanie wyników badania delfickiego przeprowadzonego przy udziale ekspertów krajowych i zagranicznych. Na potrzeby badania zjawiska opisane w pierwszej części raportu zostały doprecyzowane do postaci tez wskazujących na pewien możliwy stan w badanym okresie (15 lat). Eksperti mieli za zadanie weryfikację tez poprzez ocenę prawdopodobieństwa urzeczywistnienia poszczególnych tez (tej oceny dokonywali eksperci europejscy w skali od 1 do 10) oraz potencjalnego wpływu tych zjawisk na mazowiecki rynek pracy (weryfikacji w tym zakresie dokonali eksperci polscy, również w skali od 1 do 10).

Analiza wyników przeprowadzona została w podziale na cztery ćwiartki macierzy ocen prawdopodobieństwa i wpływu, której graficzne przedstawienie znajduje się na wykresie 1. Wykres przedstawia rozkład tez w zależności od wyniku wskazań eksperckich co do prawdopodobieństwa (oś x) i siły wpływu (oś y). Numery na wykresie odpowiadają numerom tez. Linie podziału wykresu (5 dla oceny prawdopodobieństwa i 5 dla siły wpływu) wyznaczają cztery ćwiartki, wokół których dokonana została analiza:

WYKRES 1

Analiza prawdopodobieństwa i siły wpływu badanych zjawisk na rynek pracy

- ▶ **ĆWIARTKA I:** wysokie prawdopodobieństwo – wysoki wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA II:** wysokie prawdopodobieństwo – niski wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA III:** niskie prawdopodobieństwo – wysoki wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA IV:** niskie prawdopodobieństwo – niski wpływ.



Poniżej znajduje się szczegółowe omówienie wyników dla każdej z ćwiartek.

ĆWIARTKA I

wysokie prawdopodobieństwo — wysoki wpływ

Do tej ćwiartki należą tezy, które charakteryzują się zarówno wysokim prawdopodobieństwem urzeczywistnienia, jak i dużym potencjalnym wpływem na rynek pracy. Znalazły się tu następujące tezy:

- ▶ W 2040 roku co najmniej połowa firm produkcyjnych na Mazowszu zautomatyzowała przynajmniej częściowo proces podejmowania decyzji, wykorzystując systemy AI (T.1, odchylenie standardowe [sd] dla prawdopodobieństwa: 2,47; sd dla siły wpływu: 2,76);
- ▶ Do 2040 roku co najmniej 25% miejsc pracy w sektorze produkcyjnym na Mazowszu zostało zastąpionych przez roboty i systemy AI (T.2, sd dla prawdopodobieństwa: 2,49; sd dla siły wpływu: 2,22);
- ▶ W 2040 roku coboty (roboty współpracujące z ludźmi) są powszechne w mazowieckim przemyśle i usługach, wykonując przynajmniej połowę zadań manualnych (T.3, sd dla prawdopodobieństwa: 3,14; sd dla siły wpływu: 2,59);
- ▶ W 2030 roku co najmniej jedna trzecia firm na Mazowszu wykorzystuje AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników (T.5, sd dla prawdopodobieństwa: 1,57; sd dla siły wpływu: 1,96);
- ▶ W 2030 roku co najmniej połowa zadań administracyjnych w firmach na Mazowszu jest zautomatyzowana (T.8, sd dla prawdopodobieństwa: 2,5; sd dla siły wpływu: 2,69);
- ▶ W 2040 roku struktura organizacyjna w firmach na Mazowszu uwzględnia zarówno role dla ludzi, jak i dla systemów AI, wykorzystując ich uzupełniające się kompetencje (T.9, sd dla prawdopodobieństwa: 2,78; sd dla siły wpływu: 2,42);
- ▶ W 2040 roku AI wzmacnia elastyczność i zdolność adaptacji firm, dzięki czemu są lepiej zdolne do szybkiego reagowania na zmiany zachodzące na rynku i dostosowywanie działalności do zmian otoczenia (T.14, sd dla prawdopodobieństwa: 3,11; sd dla siły wpływu: 2,1);
- ▶ W 2040 roku w sektorze usługowym podaż pracy jest zdecydowanie niższa niż obecnie (T.15, sd dla prawdopodobieństwa: 2,45; sd dla siły wpływu: 2,25).

Tezy z ćwiartki I, charakteryzujące się wysokim prawdopodobieństwem urzeczywistnienia i dużym wpływem na rynek pracy, wymagają szczególnej uwagi i działań (choć warto zaznaczyć, że kilka z tez w tej ćwiartce znalazło się na liniach granicznych: części niewiele brakowało, by analizowane były w ćwiartce II, innym z kolei niewiele brakowało do znalezienia się w ćwiartce III). Ich realizacja mogłaby doprowadzić do znaczącej transformacji mazowieckiego rynku pracy, dotycząc kluczowych aspektów takich jak automatyzacja procesów (zarówno decyzyjnych, jak i manualnych), zmiany w strukturze zatrudnienia



(w tym zastąpienie ludzi przez roboty i AI), a także ewolucja modeli organizacyjnych firm. Fakt, że w tej ćwiartce znajduje się najwięcej tez, w których eksperci byli niezgodni (co znajduje odzwierciedlenie w wysokich odchyleniach standardowych dla prawdopodobieństwa i siły wpływu), dodaje tym zagadnieniom dodatkową warstwę złożoności. Rozbieżności te mogą wynikać z różnic w interpretacji tempa rozwoju technologii, potencjalnych barier wdrażania AI w firmach, a także społecznych i ekonomicznych konsekwencji tych zmian.

ĆWIARTKA II

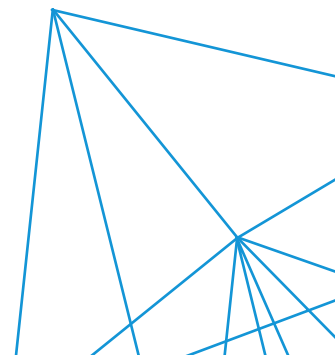
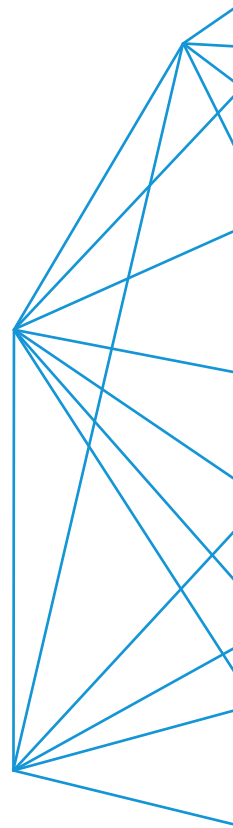
wysokie prawdopodobieństwo – niski wpływ

Ćwiartka ta obejmuje tezy, które są oceniane jako prawdopodobne, ale ich potencjalny wpływ na rynek pracy jest relatywnie niski. Tezy, które znalazły się w tej ćwiartce na podstawie oceny ekspertów, to:

- ▶ W 2030 roku AI jest istotnym wsparciem dla procesów badawczo-rozwojowych w firmach i instytucjach na Mazowszu (T.13, sd dla prawdopodobieństwa: 2,83; sd dla siły wpływu: 2,1);
- ▶ W 2030 roku co najmniej połowa firm na Mazowszu wykorzystuje AI do optymalizacji procesów logistycznych i zarządzania łańcuchem dostaw (T.4, sd dla prawdopodobieństwa: 2,84; sd dla siły wpływu: 2,09);
- ▶ W 2030 roku ponad połowa działań związanych z obsługą klienta odbywa się poprzez chatboty i wirtualnych asystentów (T.6, sd dla prawdopodobieństwa: 2,87; sd dla siły wpływu: 1,97);
- ▶ W 2030 roku w co najmniej połowie firm istnieje stanowisko związane z cyberbezpieczeństwem (T.7, sd dla prawdopodobieństwa: 2,98; sd dla siły wpływu: 2,13).

W tej ćwiartce dominują tematy związane z wdrażaniem AI w różnych aspektach działalności firm, takich jak badania i rozwój, logistyka, obsługa klienta i cyberbezpieczeństwo. Tezy te koncentrują się na technologicznym wsparciu procesów biznesowych przez AI, jednak eksperci oceniają, że wpływ tych zmian na rynek pracy będzie relatywnie niski. Można przypuszczać, że te technologie będą usprawniać działanie firm, ale niekoniecznie generować znaczące zmiany w strukturze zatrudnienia czy charakterze pracy.

Warto jednak nadmienić, że tezy zawarte w tej ćwiartce charakteryzują się wysokimi wartościami odchylenia standardowego w odpowiedziach ekspertów, szczególnie w zakresie oceny prawdopodobieństwa wystąpienia tych zjawisk, stąd należy wnioskować, że ich potencjał został oceniony niejednoznacznie. Dodatkowo istotnym wskaźnikiem oceny zjawisk zawartych w tych tezach jest to, że finalnie oceniane były jedynie nieco niżej w zakresie siły wpływu niż tezy z ćwiartki I.



ĆWIARTKA III**niskie prawdopodobieństwo – wysoki wpływ**

Do tej ćwiartki należą tezy, których prawdopodobieństwo urzeczywistnienia jest niskie, ale potencjalny wpływ na rynek pracy jest znaczący. Znajdują się tu następujące tezy:

- ▶ W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi na Mazowszu co najmniej 20% (T.11, sd dla prawdopodobieństwa: 1,99; sd dla siły wpływu: 2,22);
- ▶ Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych (T.12, sd dla prawdopodobieństwa: 2,55; sd dla siły wpływu: 1,44).

W tej ćwiartce znajdują się tezy dotyczące długofalowych, potencjalnie przełomowych skutków rozwoju AI dla rynku pracy, tj. przyszłości zatrudnienia w kontekście postępującej automatyzacji i rosnącej roli AI.

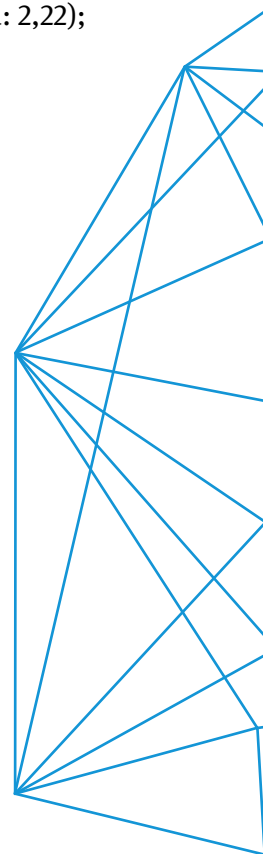
Warto w tym miejscu zwrócić szczególną uwagę na tezę 11. Europejscy eksperci, którzy wzięli udział w badaniu delfickim, ocenili prawdopodobieństwo wystąpienia 20% bezrobocia strukturalnego wywołanego sztuczną inteligencją na 3.2. Tak niski wynik nie przesądza jednak o tym, że hipoteza ta jest zaniedbywalna. Ocena wpływu na mazowiecki rynek pracy w oszacowaniu polskich ekspertów wyniosła bowiem 6.8 i jest najwyższa ze wszystkich ocen wpływu przypisanych do badanych hipotez. Równocześnie istniały istotne rozbieżności w ocenie pomiędzy ekspertami (odchylenie standardowe wyniosło 2.22). Duże strukturalne bezrobocie wywołane przez sztuczną inteligencję potraktować możemy zatem jako dziką kartę, zdarzenie, które charakteryzuje się równocześnie bardzo niskim prawdopodobieństwem zaistnienia i bardzo wysokim wpływem o mocy istotnej transformacji danego obszaru czy dziedziny.

ĆWIARTKA IV**niskie prawdopodobieństwo – niski wpływ**

Ostatnia ćwiartka obejmuje tezy, które charakteryzują się zarówno niskim prawdopodobieństwem urzeczywistnienia, jak i niskim potencjalnym wpływem na rynek pracy. Tutaj znalazła się teza:

- ▶ W 2040 roku na Mazowszu popyt na pracowników z wyższym wykształceniem jest niższy niż w 2024 roku (T.10, sd dla prawdopodobieństwa: 3,17; sd dla siły wpływu: 2,49).

W tej ćwiartce znalazła się teza dotycząca przyszłego zapotrzebowania na pracowników z wyższym wykształceniem. Eksperci oceniają, że zarówno praw-

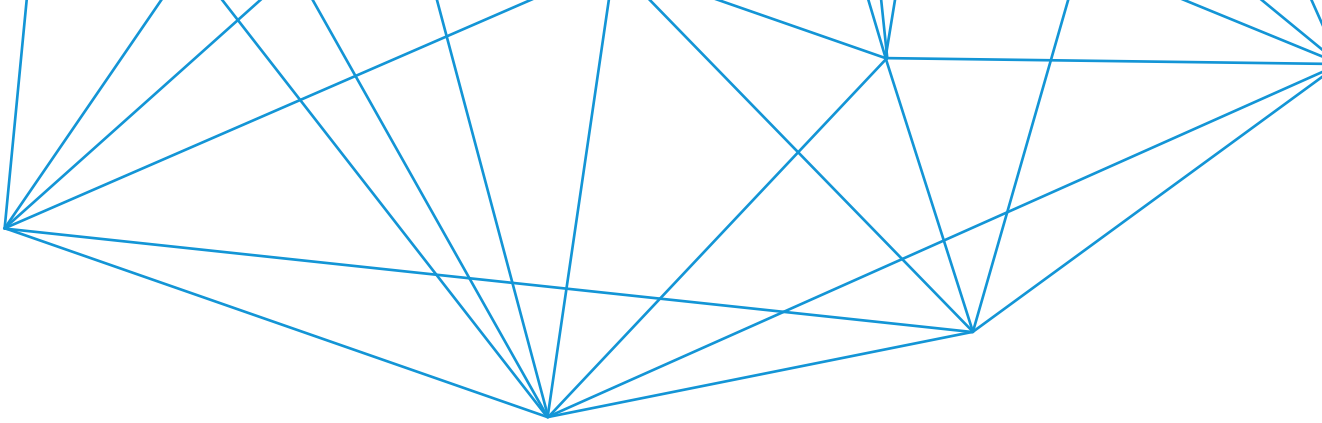


dopodobieństwo znaczącego spadku popytu na absolwentów uczelni, jak i siła wpływu tego zjawiska na rynek pracy będą niskie. Niemniej teza ta charakteryzuje się szczególnie wysoką niezgodnością opinii ekspertów, co sugeruje, że temat ten jest złożony i wymaga dalszej analizy. Możliwe interpretacje to m.in. wpływ automatyzacji na różne segmenty rynku pracy oraz potencjalne zmiany w systemie edukacji wyższej, który może dostosować się do nowych potrzeb rynku.

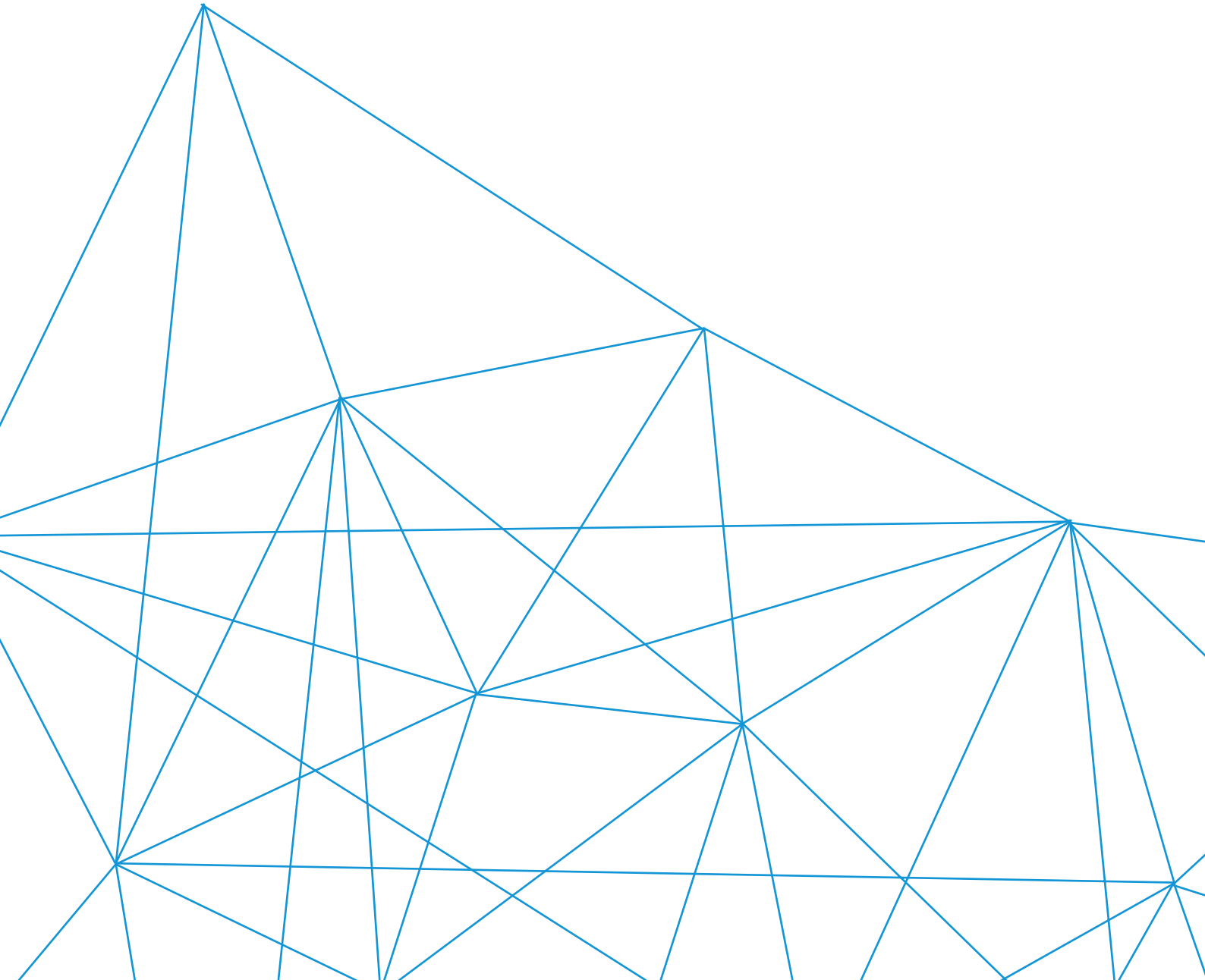
ZGODNOŚĆ EKSPERTÓW Wysokie odchylenia standardowe zidentyfikowane w kontekście wielu ocenianych tez wskazują na to, że odpowiedzi ekspertów były dość zróżnicowane. Oznacza to, że w przypadku wielu tez eksperci mieli wyraźnie różne opinie na temat prawdopodobieństwa ich urzeczywistnienia i potencjalnego wpływu na rynek pracy. Taka sytuacja może prowadzić do „rozmycia” średniej, czyli przesunięcia jej w kierunku środka skali, nawet jeśli część ekspertów oceniała dane zjawisko jako skrajnie prawdopodobne lub mające bardzo duży wpływ. Świadczy to o dużych rozbieżnościach i braku jednoznacznych opinii co do przyszłości rynku pracy w kontekście rozwoju AI.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI Podsumowując, badanie delfickie dotyczące wpływu AI na rynek pracy na Mazowszu ujawniło kluczowe trendy i wyzwania. Najbardziej prawdopodobne i istotne zmiany, zidentyfikowane w ćwiartce I, dotyczą szerokiej automatyzacji i robotyzacji, transformacji procesów decyzyjnych i organizacyjnych w firmach, oraz zmian w strukturze zatrudnienia, w tym potencjalnego spadku podaży pracy w sektorze usługowym. Odpowiedź na realizację tych tez powinna przewidywać programy przekwalifikowań i dostosowanie systemu edukacji do nowych potrzeb. Warto zwrócić też uwagę na tezy prawdopodobne w ocenie ekspertów, choć mające mniejszy bezpośredni wpływ na rynek pracy (ćwiartka II). Dotyczą one wdrożenia AI w specyficznych obszarach, takich jak logistyka, obsługa klienta i cyberbezpieczeństwo.

Co szczególnie istotne, wyniki badania delfickiego charakteryzują się jednak wysokim poziomem niezgodności opinii ekspertów, podkreślając tym samym niepewność przyszłości rynku pracy w kontekście dynamicznego rozwoju AI. Wskazuje to na potrzebę ciągłego monitorowania sytuacji i pojawiających się trendów, dialogu między interesariuszami, inwestycji w edukację i rozwój umiejętności, a także elastyczności i zdolności adaptacji zarówno firm, jak i pracowników. Kluczowe jest proaktywne podejście, współpraca i gotowość na zmiany, aby zminimalizować potencjalne negatywne skutki i maksymalizować korzyści płynące z transformacji technologicznej.



Analiza sektorów gospodarki Mazowska pod kątem wpływu sztucznej inteligencji



Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia

Sektory gospodarki, w których dojść może do równoczesnego utworzenia nowych miejsc pracy i wzrostu zatrudnienia na skutek rozwoju sztucznej inteligencji zidentyfikowane zostały w oparciu o oceny prawdziwości tezy „Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu/w Europie powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych” dla poszczególnych sektorów. Poza oceną prawdopodobieństwa zaistnienia takiego stanu w przyjętym horyzoncie czasowym oraz oszacowaniem jego wpływu na mazowiecki rynek pracy, eksperci poproszeni zostali również o wskazanie branż, na które realizacja tezy może mieć największy wpływ. Wyniki pozwalają więc na udzielenie bezpośredniej odpowiedzi na pytanie o to, w których sektorach gospodarki należy spodziewać się równoczesnego powstania nowych miejsc pracy i wzrostu zatrudnienia na skutek rozwoju sztucznej inteligencji.

Sektory, które w ocenie ekspertów mają szansę uzyskać w roku 2040 dodatni bilans zatrudnienia w stosunku do końcówki roku 2024 zostały wskazane w tabeli 1.

TABELA 1

Sektory najczęściej wskazywane w badaniach delfickich (mazowieckim i europejskim) jako te, dla których prawdziwa jest teza „Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu/w Europie powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych”.

Sekcja PKD	Nazwa sekcji	Liczba wskazań ekspertów	
		Badanie mazowieckie	Badanie europejskie
M	Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	7	7
J	Informacja i komunikacja	9	5
Q	Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	7	6
K	Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	6	4
O	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	6	4
P	Edukacja	7	3

ŹRÓDŁO opracowanie własne

Warto odnotować pozorny paradoks polegający na tym, że trzy z sześciu sektorów zidentyfikowanych jako posiadające największy potencjał generowania nowych miejsc pracy i wzrostu zatrudnienia, równocześnie postrzegane są przez ekspertów jako obciążone wysokim ryzykiem likwidacji miejsc pracy. (Szczegółowo ten drugi aspekt omówiony został w rozdziale „4.1.2 Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje zastąpienie istniejących miejsc pracy i spadek zatrudnienia”.) Są to **informacja i komunikacja, działalność finansowa i ubezpieczeniowa oraz administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne**. Pozorny charakter tego paradoksu polega na tym, że są to sektory, w których należy spodziewać się największych zmian i przekształceń strukturalnych, polegających na jednoczesnej redukcji miejsc pracy i zastąpieniu ról zawodowych przez sztuczną inteligencję i różne formy automatyzacji oraz powstaniu nowych zawodów i stworzeniu nowych miejsc pracy. Mogą to być sektory, w których transformacje będą rozległe, zmiany głębokie, gdzie dochodzić będzie do największej liczby zaburzeń, wstrząsów i napięć. Dlatego warto w szczególny sposób zwrócić na nie uwagę, tworząc kompleksowe programy pozwalające przedstawicielom tych sektorów zdobyć nowe kwalifikacje zawodowe, umiejętności i kompetencje kluczowe dla nowych ról. Warto jednak pamiętać, że te nowe mogą być przedmiotem intencjonalnej i strategicznej kreacji, stymulowanej przez instrumenty z obszaru polityk publicznych, programy i projekty aktywnie wspierające ukierunkowaną zmianę w obszarze pracy.

Spodziewać się można, że w tych sektorach po pierwszym szoku wywołanym dynamicznymi zaburzeniami, a w konsekwencji redukcją zatrudnienia, stopniowo dochodzić będzie do rozwoju nowych miejsc pracy. Bardziej złożone systemy potrzebują często zwiększonej liczby osób do obsługi, nadzoru czy weryfikacji, ale też część prac mogą eliminować. Autonomiczne systemy nie mogą jednak funkcjonować wyłącznie w oparciu o autonomiczny nadzór, ponieważ wytwarzać to może trudne do przewidzenia sprzężenie zwrotne. Obsługa bardziej złożonego systemu może wymagać zwiększenia liczby zatrudnionych osób, ale jednocześnie może on istotnie obniżyć pracochłonność innych zadań w nim realizowanych. Na ostateczny bilans miejsc pracy duży wpływ ma skalowalność takiego systemu. Skutki działania tych systemów rodzić będą nowe wyzwania związane z mitygowaniem nowych ryzyk czy rozwijaniem nowych możliwości, na które nie odpowiemy skutecznie, pozostając wyłącznie na poziomie technologicznym. Potrzebujemy kompetencji humanistycznych, społecznych, ludzkiej wyobraźni i intuicji, zdolności myślenia systemowego i kreatywności, by świadomie budować nowe modele współpracy ze sztuczną inteligencją, klarownie określać cele strategiczne, korzystać z intuicji do rozpoznawania ryzyk, a w ostateczności w sposób sprawczy kształtować przyszłość poszczególnych dziedzin tak, aby przy pomocy AI redukować liczbę miejsc pracy przy zadaniach uciążliwych czy niebezpiecznych, jednocześnie dbając o proporcjonalny wzrost liczby miejsc pracy w innych obszarach.



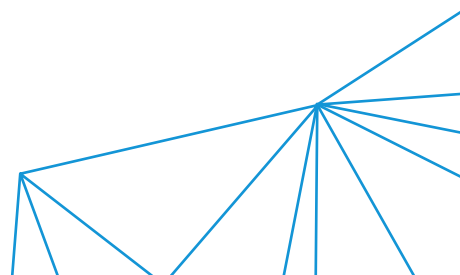
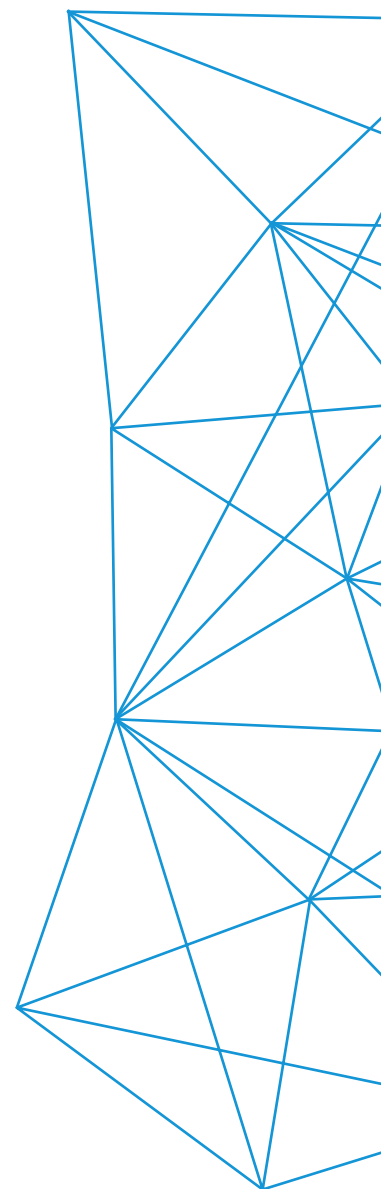
Informacja i komunikacja

Wiele zawodów w sektorze **informacja i komunikacja** polegających na wykonywaniu rutynowych, powtarzalnych zadań może zostać zastąpionych przez sztuczną inteligencję i automatyczne systemy. Mowa tu w szczególności o programistach odpowiadających za pisanie fragmentów kodu do bardziej złożonych programów komputerowych czy osobach administrujących siecią. Jakościowy kod coraz częściej generowany jest przez Duże Modele Językowe (*Large Language Models*), a rolą człowieka staje się w większym stopniu projektowanie systemów (kompetencja myślenie systemowe), niż wykonywanie izolowanych zadań, z którymi stosunkowo dobrze poradzić sobie mogą maszyny.

W istotny sposób zmniejszy się też rola klasycznych call center. Zamiast osób z klientami kontaktować będą się chatboty konwersacyjne. Warto jednak zauważyć, że wdrażanie takich rozwiązań nie będzie zapewne gładkie i bezproblemowe. Aktualnie testowane chatboty, zaprogramowane do prowadzenia rozmów w oparciu o najbardziej powtarzalne i typowe schematy, często nie potrafią poradzić sobie z problemami klientów, które nie wpisują się w predefiniowane kategorie i procedury. Podobnie, tłumacze czy copywriterzy w dużym stopniu będą zastępowani przez coraz doskonalsze modele generatywnej sztucznej inteligencji.

Tym procesom towarzyszyć będzie większe zapotrzebowanie na role zawodowe powstające w odpowiedzi na złożone systemy zrodzone na skutek rozwoju sztucznej inteligencji. Specjaliści od uczenia maszynowego, data science, data analytics, projektowania systemów informatycznych, eksperci i konsultanci łączący inżynierię i humanistykę, projektujący i wspierający procesy rozwijania współpracy sztucznej inteligencji z człowiekiem, tworzenia wspólnych dla człowieka i maszyny ram – wszystko to będą zawody i role, na które będzie rósł popyt.

W tym nurcie będzie powstawać wiele zawodów, których jeszcze dzisiaj nie znamy. Osoby projektujące bazy danych i dbające o ich inkluzywność i różnorodność, trenerzy modeli sztucznej inteligencji nadzorujący proces uczenia się maszyn, specjaliści ds. etyki i bezpieczeństwa sztucznej inteligencji, a także rozmaici eksperci ds. cyberbezpieczeństwa, o których więcej wspomina się w rozdziale opisującym ten trend. Rozwój platform cyfrowych, rozwiązań chmurowych, technologii blockchain, środowisk wirtualnej rzeczywistości (Virtual Reality) i rozszerzonej rzeczywistości stworzy jeszcze większe zapotrzebowanie na specjalistów od projektowania interakcji i doświadczeń użytkowników (UX/UI), w tym tych, które związane są ze środowiskami immersyjnymi.



Działalność finansowa i ubezpieczeniowa

W sektorze określonym jako działalność **finansowa i ubezpieczeniowa** w istotnym stopniu zautomatyzowane zostaną procesy back-office i praca w działach operacyjnych. Ręczne wprowadzanie danych do systemów, księgowość, rozliczanie dokumentów, zadania związane z kadrami, obsługa klienta w podstawowym zakresie – te obszary z pewnością doświadczą znacznej redukcji zatrudnienia. Istotnym trendem jest też zmniejszenie liczby fizycznych placówek bankowych i rozwój bankowości internetowej, a co za tym idzie stanowisk pracy związanych z obsługą klienta, kasjerów czy doradców klienta. Nie jest to jednak trend pozbawiony zaburzeń. JP Morgan na przykład w roku 2023 otwierał nowe placówki fizyczne, projektując nowe rodzaje usług bankowych i podkreślając wartość bezpośredniej bankowości¹⁸. Tworzenie strategii inwestycyjnych, budowanie portfeli i zarządzanie nimi, rekomendacje produktowe mogą zostać zastąpione przez rozmaite systemy rekomendacyjne. Może to dodatkowo wpłynąć na redukcję zatrudnienia w działach obsługi klienta czy sprzedaży.

18 Zob.: Stephanie Hughes, *JPMorgan Chase announces brick-and-mortar bank expansion in a digital age*, <https://www.marketplace.org/2024/02/06/jp-morgan-chase-branch-expansion-bank-in-person>, dostęp: 20.12.2024.

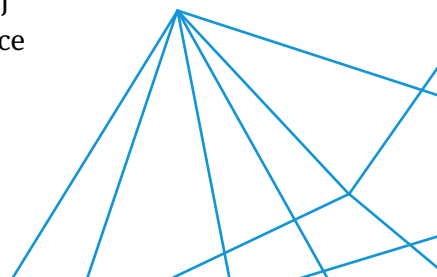
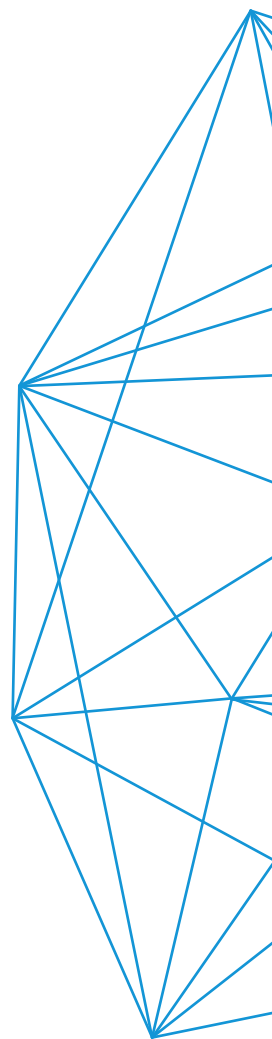
Wśród nowych zawodów, których rola w tym sektorze może rosnąć w perspektywie do 2040 roku, warto wymienić między innymi specjalistów ds. zarządzania ryzykiem w systemach opartych na sztucznej inteligencji. Do oceny ryzyka kredytowego, ubezpieczeniowego, inwestycyjnego czy rynkowego coraz częściej wykorzystywane są zaawansowane modele predykcyjne. W związku z tym rosnąć będzie zapotrzebowanie na ekspertów, którzy będą potrafili projektować algorytmiczne, oparte na sztucznej inteligencji systemy oceny ryzyka, zarządzać nimi i weryfikować ich zgodność z przyjętymi zasadami bezpieczeństwa i regulacjami. W sektorze finansowym i ubezpieczeniowym rozwijane są też rozmaite innowacyjne projekty z obszaru fintech (połączenie finansów i technologii), w których istotne staje się projektowanie nowych cyfrowych platform transakcyjnych, systemów blockchain, w tym tokenizacji aktywów fizycznych, zdecentralizowanych finansów (DeFi), robodoradców (systemów doradczych opartych na sztucznej inteligencji). Te nowe obszary, łączące finanse i nowe technologie, wymagają nowego rodzaju ekspertów i specjalistów, którzy nie tylko posiadaliby wąską wiedzę i kompetencje, ale też potrafiliby integrować te dziedziny oraz inicjować, projektować i rozwijać transdyscyplinarne innowacje. Dynamiczne zmiany technologiczne wymagają również nowego sposobu myślenia o prawie i zgodności. Tu także obowiązuje zasada mówiąca o tym, że im bardziej złożone systemy, tym więcej wyzwań związanych z ich obsługą i zarządzaniem. Obszar zgodności (*compliance*) może być tego najlepszym przykładem. Kwestia ochrony danych, prywatności klientów, to tylko niektóre z obszarów generujących nowe rodzaje ryzyk wynikających z zastosowania nowych technologii. Mitygowanie ich wymagało będzie nowych specjalistów, posiadających nowy rodzaj kompetencji i intuicji prawnej.

Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne

Województwo mazowieckie z Warszawą jako centralnym ośrodkiem miejskim, w którym działają kluczowe dla państwa instytucje publiczne oraz znajduje się najważniejsza infrastruktura obronna, stanowi obszar szczególnie wrażliwy na zmiany w sektorze określanym jako **administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne**. Skupia on m.in.: administrację rządową (ministerstwa, urzędy centralne, organy i jednostki podporządkowane administracji centralnej), administrację samorządową (urzędy wojewódzkie, powiatowe, gminne oraz instytucje wsparcia), sferę obronności (Ministerstwo Obrony Narodowej, struktury wojskowe, instytucje logistyczne i szkoleniowe), obowiązkowe ubezpieczenia społeczne (Zakład Ubezpieczeń Społecznych, Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego). To właśnie w województwie mazowieckim występuje największa koncentracja zawodów związanych z obsługą administracyjną, zarządzaniem strategicznym czy szeroko pojętą obronnością.

Sektor ten charakteryzuje się wysokim stopniem hierarchizacji, sztywną strukturą organizacyjną i procedurami, niskim poziomem elastyczności związanej z wdrażaniem innowacji i nowych rozwiązań technologicznych, wynikających z zazwyczaj niskiej tolerancji dla ryzyka, uwarunkowań formalnych i prawnych, dużą odpowiedzialnością za bezpieczeństwo publiczne, stabilność systemu ubezpieczeń społecznych oraz sprawne świadczenie usług obywatelom. Równocześnie jednak przechodzi on intensywny proces cyfryzacji (m.in. ePuap, e-usługi publiczne, narzędzia do elektronicznego obiegu dokumentów, etc.). W ten sposób położony został grunt pod pogłębioną automatyzację i wdrażanie systemów sztucznej inteligencji. W pierwszej kolejności poddane jej zostaną – podobnie zresztą jak w innych sektorach – rutynowe czynności biurowe. Co istotne jednak, stanowią one dużą część zadań realizowanych w tym sektorze. Znaczna część czasu pracy urzędników polega wciąż na manualnym wprowadzaniu danych do systemów, obsłudze korespondencji czy weryfikacji rozmaitych wniosków wpływających do jednostek sektora publicznego.

Zastąpienie tych działań algorytmami uczenia maszynowego i przetwarzania języka naturalnego (NLP) znacząco zmniejszy może zapotrzebowanie na pracowników zajmujących się archiwizacją i wprowadzaniem danych, skrócić czas obsługi interesantów i rozpatrywania spraw, a w konsekwencji doprowadzić do redukcji zatrudnienia. Równolegle do tego procesu wzrastać będzie zapotrzebowanie na osoby z wysokim poziomem kompetencji technicznych, analitycznych, strategicznych i organizacyjnych, które nie tylko wspierać będą wdrażanie nowych systemów, ale też skutecznie będą potrafiły z nimi współpracować nad planowaniem średnio- i długoterminowym. Empatia, myślenie krytyczne i systemowe wzbogacą rozpoznania i rekomendacje wynikające z zaawansowanej i algorytmicznej analityki danych. Rósł będzie także popyt na osoby zajmujące



się coraz bardziej rozległą i złożoną dziedziną cyberbezpieczeństwa, w której coraz większą rolę zyskują kompetencje o charakterze psychospołecznym. Coraz ważniejsi okazywać się będą specjaliści łączący wiedzę prawną, organizacyjną i technologiczną w celu sprawnego wdrażania systemów AI. W tym nurcie powstanie szereg zawodów związanych z zarządzaniem projektami AI lub takimi, w których AI stanowi istotny komponent. Sektor publiczny będzie musiał odpowiedzieć w szczególności także na wyzwania związane z etyką i odpowiedzialnością algorytmiczną, regulacjami sztucznej inteligencji w poszczególnych dziedzinach i obszarach (w każdym z nich powstawać mogą inne, specyficzne wyzwania) i przeciwdziałaniu algorytmicznemu wykluczeniu. W konsekwencji konieczne stanie się stworzenie miejsc pracy dla osób oceniających wpływ algorytmów na prawa obywateli, prywatność czy równość szans.

Osobnym polem, w którym należy spodziewać się gwałtownej transformacji, jest obronność narodowa. Rośnie w niej rola systemów cybernetycznych, w tym automatycznej analizy danych w czasie rzeczywistym, wykorzystywania dużych modeli językowych w celach wojskowych, nowych systemów dronów i systemów robotycznych współpracujących z człowiekiem na polu bitwy, nie tylko w zakresie rozpoznania i rekonesansu, ale też ataku. Wojsko tworzy też własną infrastrukturę chmurową, która podlega jeszcze bardziej rygorystycznym zabezpieczeniom niż cywilne centra danych. Ten obszar wymaga pracy wysoko wykwalifikowanych specjalistów od mechatroniki, robotyki, sztucznej inteligencji oraz analityki danych, a inwestycje w obronność w zakresie AI (systemy rozpoznania, analizy wywiadowczej, monitorowania cyberzagrożeń) będą generować nowe miejsca pracy, szczególnie dla:

- ▶ inżynierów odpowiedzialnych za wdrażanie i utrzymanie systemów AI w resorcie obrony,
- ▶ specjalistów ds. cyberbezpieczeństwa i kryptografii,
- ▶ ekspertów w dziedzinie badań operacyjnych i zaawansowanej analizy danych wojskowych.

Równolegle z rozwojem sztucznej inteligencji w armii pojawia się konieczność współpracy z prywatnym sektorem technologicznym (partnerstwa publiczno-prywatne w sektorze mil-tech), co dodatkowo podniesie popyt na kadry łączące kompetencje inżynierskie z wiedzą o procedurach wojskowych.

Ostatecznie bilans netto zatrudnienia w tym sektorze może okazać się **pozytywny**, lecz kluczowym wyzwaniem pozostaje dostosowanie kompetencji i stworzenie przemysłanych ram prawno-organizacyjnych. Proces ten będzie wymagał **intensywnych szkoleń**, współpracy z sektorem prywatnym i uczelniami oraz zaangażowania społeczeństwa w kształtowanie rozwiązań AI. Tylko przy odpowiednim zarządzaniu zmianą województwo mazowieckie będzie mogło w pełni skorzystać z szans rozwoju, jakie niesie ze sobą rewolucja sztucznej inteligencji dla sektora publicznego i obrony narodowej.

Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna

Ekspertsi przewidują, że w sektorze **działalność profesjonalna, naukowa i techniczna** dojdzie zarazem do wzrostu zatrudnienia, jak i stworzenia nowych zawodów. Sektor ten otwiera nasz ranking i równocześnie nie pojawia się na liście tych, które narażone są na znaczną, przekraczającą poziom kreacji nowych zawodów, redukcję zatrudnienia. Można z tego wywieść wniosek, że stanowić on może dużą szansę dla województwa mazowieckiego, o ile odpowiednio szybko zostaną rozpoznane szanse związane z rozwojem tego sektora i wdrożone zostaną działania, które wspomogą procesy uzyskiwania nowych kompetencji przez pracowników w tych sektorach.

Wiarygodność takiego rozpoznania potwierdza dodatkowo fakt, że w województwie mazowieckim – głównie za sprawą Obszaru Metropolitalnego Warszawy – istnieje duża koncentracja podmiotów działających w tym sektorze. Są to między innymi centra R&D (Research and Development) oraz R&I (Research and Innovation), rozmaite podmioty konsultingowe i doradcze, jednostki prowadzące działalność badawczą i badawczo-rozwojową, projektanci graficzni i designerzy, specjaliści od UX (User Experience) i UI (User Interaction), organizacje z obszaru branż kreatywnych, w tym między innymi architektury czy reklamy, prawnicy, laboratoria i instytuty naukowe. Tutaj istnieją też najważniejsze polskie uczelnie, uniwersytety i placówki badawcze (m.in. Uniwersytet Warszawski, Politechnika Warszawska, Szkoła Główna Handlowa, Polska Akademia Nauk), z których część aktywnie współpracuje z biznesem. W stolicy funkcjonuje również ekosystem start-upów, funduszy venture capital i podmiotów z otoczenia biznesu, wspierających inwestycyjnie i poprzez know-how rozwój i komercjalizację innowacyjnych projektów.

W większości są to podmioty wspierające badania, rozwój i innowacje. Role zawodowe, które występują w tym obszarze, wymagają wysokospecjalistycznej wiedzy i umiejętności (merytorycznych, naukowych, inżynierskich czy prawnych). Istotny element ich profili stanowią kluczowe kompetencje przyszłości, zidentyfikowane w ramach naszego badania, m.in. kreatywność, umiejętność współpracy, zdolność krytycznego myślenia, zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI, perspektywa holistyczna, rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji, strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji czy myślenie systemowe.

Organizacje w regionie będą poszukiwać konsultantów do spraw AI, którzy posiadaliby kwalifikacje, by je wesprzeć w procesie wdrażania – a następnie ewaluowania, doskonalenia, rozwijania, uaktualniania – systemów sztucznej inteligencji, a także zbudowania strategii AI w firmie. Nie dotyczy to wyłącznie aspektu technicznego czy systemowego, ale też nowego rozumienia kultury organizacyjnej oraz związanych z nią kompetencji psychospołecznych, szcze-



gólnie w zespołach złożonych z ludzi i agentów nie-ludzkich, nowego sposobu organizowania komunikacji wewnętrznej czy nowego sposobu postrzegania relacji międzyludzkich i tych budowanych na linii człowiek-AI.

Co więcej, AI – jako instrument wiedzy i poznania – staje się integralnym narzędziem prowadzenia badań naukowych w każdej dziedzinie, od humanistyki, przez badania społeczne, po biologię molekularną i syntetyczną, co oznacza, że kompetencje związane z AI przenikają do innych dyscyplin. Powstawać będą nowe role zawodowe, rodzące się na przecięciu data science czy data analytics i korpusu wiedzy oraz instrumentów i metod badawczych specyficznych dla danej dziedziny. Stwarza to ogromne szanse dla województwa mazowieckiego, o ile aktywnie i z wyprzedzeniem wykreuje warunki do rozwoju nauki i działalności badawczej. Również firmy konsultingowe, biura projektowe czy kancelarie prawne będą poszukiwać ekspertów łączących wiedzę branżową z kompetencjami technicznymi w zakresie AI. Mazowsze, przyciągając talenty i kapitał, ma szansę wzmocnić rolę hubu technologicznego w Polsce i regionie Europy Środkowo-Wschodniej.

Profesjonaliści w dziedzinach takich jak prawo, księgowość, analityka finansowa czy doradztwo techniczne będą coraz częściej korzystać z rozwiązań AI, co zmieni zakres ich kompetencji i narzędzi pracy. Zmieni się jednak zasadniczo ich funkcja i zakres zadań. W znacznie większym stopniu koncentrować się będą na interpretacji, kontroli jakości i doradztwie strategicznym, podczas gdy przygotowywanie dokumentacji przejmie AI. Wiele zadań będzie realizowanych w modelu „human-in-the-loop”. Człowiek nadal będzie nadzorował proces decyzyjny, a AI dostarczy wsparcia w postaci analizy danych, generowania możliwych scenariuszy, proponowania rekomendacji.

Rozwiązania z obszaru agentowej sztucznej inteligencji (autonomicznie działające programy) będą wykorzystywane w obsłudze klienta, doradztwie biznesowym, analizie rynkowej, zarządzaniu projektami czy nadzorze nad sieciami informacyjnymi. Z czasem przejmować będą coraz bardziej złożone procesy decyzyjne i zadania, tworząc własne schematy rozwiązywania problemów i wytwarzając własne techniki, taktyki i strategie ich realizacji. Taka sytuacja stworzy zapotrzebowanie na specjalistów od kontroli, nadzoru i bezpieczeństwa. Pojawić się też może więcej inicjatyw publiczno-prywatnych, skupionych wokół AI, a także inkubatorów i akceleratorów dedykowanych projektom AI agentowym oraz badaniom nad przyszłymi generacjami sztucznej inteligencji. Wszystko to, oczywiście, jeśli wystarczająco wcześnie podjęte zostaną decyzje strategiczne przygotowujące region na takie zmiany. Ostatecznie, branża profesjonalna, naukowa i techniczna na Mazowszu wejdzie w etap **intensywnej symbiozy** człowieka i AI – z korzyścią dla innowacyjności, efektywności i konkurencyjności całego regionu.

Mazowsze, zwłaszcza Warszawa, ma unikalny potencjał do rozwoju wysoko innowacyjnych przedsiębiorstw, które dzięki inwestycjom funduszy venture capi-

tal (VC) mogą skalować się na całym świecie. Zamiast przyjmować tradycyjne inwestycje w modele outsourcingowe (BPO), region powinien koncentrować się na tworzeniu firm o charakterze „product-based”, co wymaga intensywnego wsparcia ekosystemu VC i współpracy z instytucjami otoczenia biznesu (IOB). Kluczowe jest tutaj doświadczenie kadry w szybkim rozwoju (tzw. scale-upach), które nie wynika wyłącznie z kształcenia formalnego, lecz z praktycznej pracy w innowacyjnych spółkach – ten kapitał ludzki jest unikatowy i stanowi podstawę do generowania nowych miejsc pracy w sektorze profesjonalnym i naukowo-technicznym.

Drugim filarem rozwoju jest budowa specjalistycznej infrastruktury (laboratoria AI, fab-laby, centra innowacji) oraz tworzenie platform współpracy między uczelniami, jednostkami badawczymi, samorządami i prywatnymi inwestorami. Dzięki temu zarówno startupy, jak i bardziej dojrzałe firmy mogą prowadzić prace badawczo-rozwojowe w interdyscyplinarnych zespołach i wdrażać nowe rozwiązania w obszarze nowoczesnych technologii czy zaawansowanych usług. W ten sposób Mazowsze – dysponując synergicznym połączeniem kapitału ludzkiego, środków finansowych i zaplecza naukowego – może wzmocnić swoją pozycję jako krajowy i europejski lider w zakresie tworzenia miejsc pracy o wysokiej wartości dodanej w obszarach profesjonalnych, naukowych i technicznych.

Uczelnie na Mazowszu oraz prywatne firmy szkoleniowe stoją przed wyzwaniem przyspieszonego kształcenia specjalistów AI, data science i pokrewnych dziedzin. Istotne stanie się rozszerzenie oferty studiów podyplomowych i kursów zawodowych z obszaru uczenia maszynowego (Machine Learning), Przetwarzanie języka naturalnego (Natural Language Processing), Inżynierii danych (Data Engineering) czy Zarządzania AI (AI governance). Liczne programy reskillingu (przekwalifikowania) pozwolą doświadczonym pracownikom z innych branż zdobywać podstawową wiedzę o AI i jej zastosowaniach w zgodzie ze swoim profilem kompetencyjnym i zdefiniowaną ścieżką kariery, obejmującą kolejne kroki związane z przekwalifikowaniem. W procesie tym będą ich wspierać nowe narzędzia analityczne, pozwalające optymalnie zaprojektować ten proces, takie jak np. Skills Passport SkyHive by Cornerstone¹⁹. Jest to istotna szansa bezpośrednio związana z kolejnym sektorem, który w naszym badaniu zidentyfikowany został jako jeden z tych, w których wzrosnąć może zatrudnienie w perspektywie do 2040 roku w stosunku do końca roku 2024. Jest to **edukacja**, która znalazła się na trzecim miejscu rankingu.

19 Zob.: The Future of Your Workforce Is Here – SkyHive [<https://www.skyhive.ai/>] [dostęp 20.12.2024].

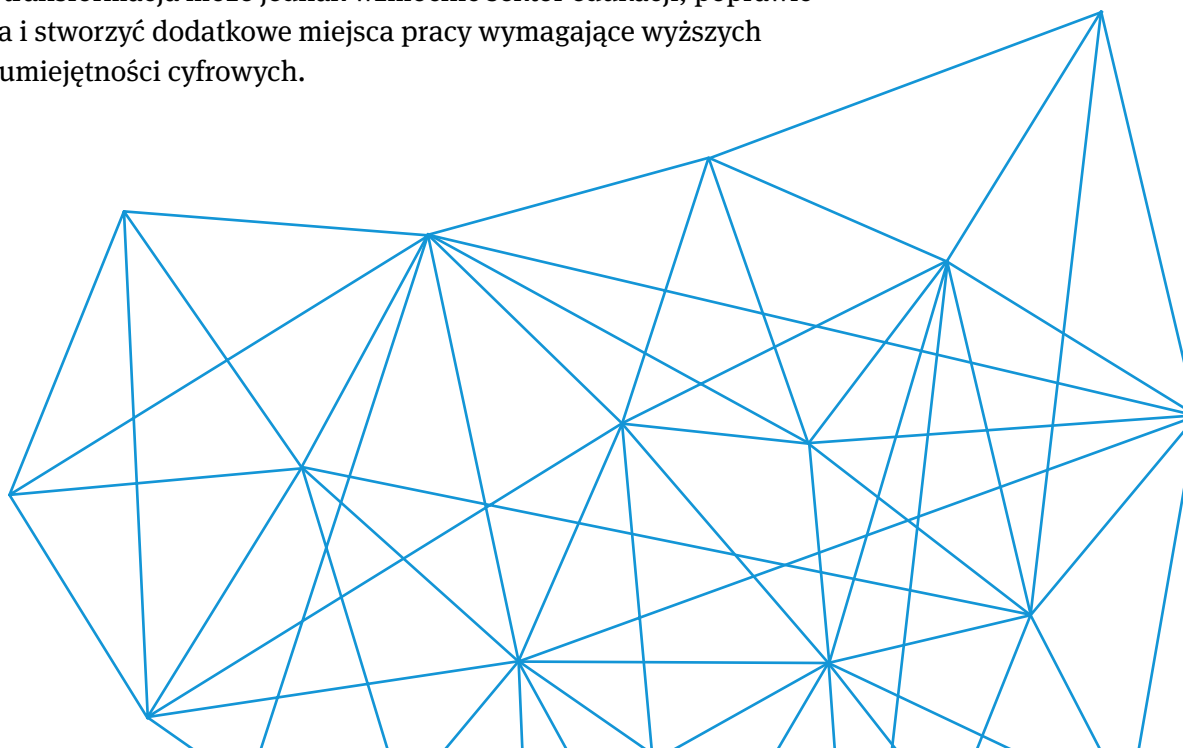
Edukacja

Systemy AI wspomóc mogą realną personalizację procesów edukacyjnych. Algorytmy uczenia maszynowego wspomagać mogą nauczycieli, szkoleniowców

czy wykładowców akademickich w dostosowaniu treści i poziomu zadań do indywidualnych potrzeb uczniów. Nie będzie się to jednak działo w pełni automatycznie. Istotne będą nadal ludzka **intuicja, wyobraźnia, kreatywność i empatia**, pozwalające adekwatnie rozpoznać talenty, możliwości i ograniczenia danego ucznia. Projektowanie **interaktywnych narzędzi wspomagających nauczycieli** – np. generatorów ćwiczeń dostosowanych do realnych wyników uczniów czy AI wspomagających poprawianie prac domowych – nie wyeliminuje konieczności ciągłego adaptowania tych narzędzi do nowych okoliczności i potrzeb związanych ze zmianami w gospodarce, społeczeństwie, kulturze czy w obszarze środowiskowym. **Wirtualni asystenci edukacyjni**, na przykład chatboty oparte na dużych modelach językowych, dysponując określonym zestawem wiedzy, mogą wspomagać uczniów w nauce i weryfikowaniu stanu wiedzy poza szkołą. Równocześnie jednak – ze względu na to, że nauka stanowi proces społeczny i że systemy algorytmiczne nie zastąpią współpracy w grupie – wzrastać może wartość nauki osobistej, w relacji z innymi osobami, w fizycznej przestrzeni.

Wraz z rozwojem zaawansowanych modeli AI w edukacji na Mazowszu wzrośnie znaczenie narzędzi automatyzujących zadania administracyjne. Nauczyciele zostaną odciążeni z części biurokratycznych obowiązków, dzięki czemu będą mogli poświęcić więcej czasu na pracę z uczniami. Powstaną przy tym nowe stanowiska, takie jak projektanci treści edukacyjnych z wykorzystaniem AI, analitycy danych edukacyjnych czy specjaliści od wdrażania i integracji rozwiązań AI w placówkach oświatowych. Kluczową rolę odegrają też trenerzy i coachowie AI, którzy wesprą kadre w efektywnym korzystaniu z technologii.

Zmiany te, choć w większości pozytywne, pociągną za sobą pośrednie konsekwencje. Należy uwzględnić ryzyko nierównego dostępu do technologii i wykluczenia cyfrowego w mniej zamożnych szkołach. Pojawia się też wyzwania związane z etyką i ochroną danych, co może wymusić stworzenie nowych regulacji i procedur zapewniających bezpieczeństwo uczniów. Odpowiednio przeprowadzona transformacja może jednak wzmocnić sektor edukacji, poprawić jakość kształcenia i stworzyć dodatkowe miejsca pracy wymagające wyższych kwalifikacji oraz umiejętności cyfrowych.



Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje zastąpienie istniejących miejsc pracy i spadek zatrudnienia

Odpowiedź na pytanie, które sektory gospodarki Mazowsza doświadczą największego spadku zatrudnienia i zastąpienia istniejących miejsc pracy przez systemy sztucznej inteligencji przynieść nam może analiza wyników wskazań ekspertów w reakcji na tezę delficką „W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi na Mazowszu/w Europie co najmniej 20%”. Choć nie odnosi się ona wprost do tego zagadnienia, możemy potraktować je jako swoisty stress test dla mazowieckiej gospodarki. Sektory, które wskazane zostały jako te, w których najsilniej będzie odczuwalna zmiana polegająca na 20% bezrobociu strukturalnym potraktować można pośrednio jako te, które najbardziej podatne są na możliwość jego wystąpienia w konsekwencji rozwoju sztucznej inteligencji.

Analogicznie do rankingu sektorów, które w perspektywie do 2040 roku osiągnąć mogą dodatni bilans zatrudnienia w stosunku do stanu z końca 2024 roku, stworzony został ranking sektorów, w których eksperci przewidują możliwość istotnego spadku zatrudnienia i zastąpienia miejsc pracy (tabela 2). Co może zaskakiwać, to że na pierwszych trzech miejscach znalazły się sektory występujące równocześnie w zestawieniu sektorów o potencjalnym dodatnim bilansie – **działalność finansowa i ubezpieczeniowa, administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne oraz informacja i komunikacja**.

TABELA 2

Sektory o spodziewanym ujemnym bilansie zatrudnienia, na podstawie wskazań ekspertów w badaniu delfickim mazowieckim oraz europejskim dla tezy „W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi na Mazowszu/w Europie co najmniej 20%”.

Sekcja PKD	Nazwa sekcji	Liczba wskazań ekspertów	
		Badanie mazowieckie	Badanie europejskie
K	Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	9	6
O	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	6	5
J	Informacja i komunikacja	5	5
N	Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca	6	3
A	Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo	5	3
G	Handel hurtowy i detaliczny	2	5

Przekształcenia strukturalne w sektorach gospodarki Mazowsza zajmujących trzy pierwsze miejsca w rankingu szczegółowo opisane zostały w rozdziale „Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia”.

Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca

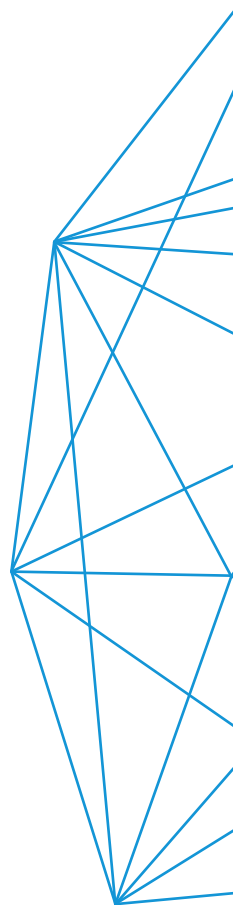
Sektor administracyjny może doświadczyć w przyszłości wielu zmian związanych ze sztuczną inteligencją, a szczególny wpływ mogą wywrzeć następujące zjawiska: automatyzacja procesów produkcyjnych, zarządzania zasobami ludzkimi, obsługi klienta, procesów badawczo-rozwojowych, upodmiotowienie AI w strukturze organizacyjnej, a także wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa, spadek popytu na pracowników z wyższym wykształceniem oraz spadek podaży pracy w usługach.

Większość zadań związanych z administracją jest rutynowa i obejmuje wprowadzanie, przetwarzanie i zarządzanie danymi, np. archiwizację, prowadzenie dokumentacji, aktualizację baz danych oraz obsługę dokumentów, w tym skanowanie, organizowanie i wyszukiwanie plików. Chatboty mogą obsługiwać rutynowe zapytania, kierować połączenia i zarządzać pocztą elektroniczną, co zmniejsza potrzebę angażowania personelu administracyjnego do obsługi podstawowych zadań komunikacyjnych. Rozwój generatywnej sztucznej inteligencji umożliwia wsparcie w tworzeniu raportów, notatek i korespondencji, podstawową analizę danych czy tworzenie prezentacji. Narzędzia genAI mogą transkrybować spotkania, identyfikować kluczowe punkty dyskusji i podsumowywać działania do wykonania.

Zarządzanie oparte na AI może zautomatyzować różne aspekty zadań administracyjnych, co może prowadzić do redefinicji ról zawodowych i zmian w zakresie obowiązków personelu administracyjnego. Administracja stanowi duży potencjał do wdrażania agentowej sztucznej inteligencji, którą można wykorzystać m.in. do planowania, optymalizacji harmonogramów, wysyłania przypomnień czy obsługi próśb o zmianę terminu bez udziału człowieka.

Automatyzacja w sferze sektora administracyjnego może w dużej mierze spowodować zmniejszenie zapotrzebowania na personel administracyjny, ponieważ systemy AI mogą stać się tańsze i bardziej wydajne niż siła robocza²⁰. Zmniejszeniu ulegnie zapotrzebowanie na tradycyjne stanowiska administracyjne skoncentrowane na rutynowym przetwarzaniu danych, m.in. sekretarki, pracowników wprowadzania danych, księgowych i pracowników ds. płac, pracowników poczty i kasjerów bankowych oraz

20 OECD. (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris [<https://doi.org/10.1787/08785bba-en>].



pracowników ds. informacji i dokumentacji. W miarę jak AI będzie automatyzować zadania rutynowe, może nastąpić zwiększenie znaczenia stanowisk wymagających wyższych kwalifikacji, np. specjalistów ds. AI, analityków danych i personelu wsparcia IT. Nowe stanowiska mogą koncentrować się na rozwijaniu i utrzymywaniu systemów AI, co wymaga też innego zestawu umiejętności w porównaniu z tradycyjnymi pracami administracyjnymi²¹. Również większy nacisk może zostać położony na to, jak ludzie i AI mogą skutecznie współpracować w miejscu pracy, co wymaga od pracowników rozwijania umiejętności w zakresie zarządzania narzędziami AI i pracy z systemami AI. Większy potencjał do wdrażania rozwiązań AI mają duże przedsiębiorstwa, ponieważ dysponują odpowiednimi zasobami organizacyjnymi i finansowymi oraz infrastrukturą i specjalistami, co faworyzuje obszar stołeczny w województwie.

21 OECD. (2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*, OECD Publishing, Paris [<https://doi.org/10.1787/08785bba-en>].

Do 2040 roku sektor usług administracyjnych może wyglądać drastycznie inaczej niż obecnie, a wiele funkcji zawodowych może zostać całkowicie zdefiniowanych przez technologię. Firmy i instytucje może czekać znacząca restrukturyzacja organizacyjna. Ludzie będą mogli pełnić rolę nadzorców i menedżerów systemów AI, a nie bezpośrednich wykonawców zadań. Większe znaczenie mogą mieć bardziej specjalistyczne role, a potrzeba posiadania ogólnego personelu administracyjnego będzie minimalna. Oddanie wielu zadań w ręce AI będzie zwiększało zapotrzebowanie na kompetencje związane z etyką AI oraz zawody związane z konserwacją, aktualizacją, rozwojem systemów AI i zapewnieniem bezpieczeństwa danych, np. etycy AI i inspektorzy ds. zgodności, specjaliści ds. cyberbezpieczeństwa, specjaliści ds. rozwoju organizacji, analitycy business intelligence (szukanie obszarów optymalizacji)²². Mniej podatne na automatyzację mogą być też zawody kreatywne i związane z rozwiązywaniem problemów. Możliwość zaistnienia tak znacznej luki kompetencyjnej może wymagać w szczególności rozwinięcia kompetencji dotyczących zdolności adaptacyjnych i przyjęcia kultury ustawicznego uczenia się, aby sprostać redefinicji sektora pod kątem rynku pracy.

22 WEF. (2025). *Future of Jobs Report 2025*.

W przypadku sektora administracji i działalności wspierającej kompetencje o rosnącym znaczeniu to: myślenie systemowe, nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi, rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji, strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji, zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie, zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI, zdolność krytycznego myślenia, zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się, zdolności interpersonalne i komunikacyjne.

Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo

Rolnictwo, leśnictwo, rybołówstwo i łowiectwo jest kolejnym sektorem, w którym, w opinii ekspertów, przewidywany jest spadek zatrudnienia. Kluczowym czynnikiem zmieniającym uwarunkowania zatrudnienia w tym sektorze będzie automatyzacja zadań manualnych poprzez roboty i coboty. Zwiększenie wydajności i efektywności rolnictwa odzwierciedlają dążenia do rolnictwa 4.0 (Agriculture 4.0), gdzie transformacyjna zmiana sektora jest upatrywana w integracji technologii cyfrowych ze sztuczną inteligencją.

Automatyzacja czynności rutynowych, w szczególności zadań wymagających siły fizycznej i zręczności manualnej, mogą być w coraz większym stopniu wykonywane przez maszyny. Robotyka i algorytmy uczenia maszynowego wsparte AI mogą być w stanie zautomatyzować m.in. sadzenie, zbiór, sortowanie i pakowanie produktów rolnych, również kontrolę jakości. Skuteczna integracja AI wymaga szerszego „ucyfrowienia” rolnictwa, w tym wykorzystania analityki big data, przetwarzania w chmurze i ulepszonych czujników²³. Rosnąć może również rola teledetekcji i GIS (Geographic Information System), które pozwalają wykorzystywać zdjęcia satelitarne i technologię geoprzestrzenną do monitorowania stanu upraw czy zarządzania użytkowaniem gruntów²⁴.

Trend związany z popularyzacją rolnictwa precyzyjnego, czyli rodzaju zarządzania zwiększającego optymalizację zasobów i nadzór nad uprawami, również sprzyja wdrażaniu AI w sektorze rolnictwa. Analizowanie dużych zbiorów danych przy pomocy AI umożliwia rolnikom optymalizację wykorzystania zasobów, takich jak woda, nawozy i pestycydy, co prowadzi do zwiększenia plonów przy mniejszym nakładzie pracy, zmniejszenia ilości odpadów i minimalizuje wpływ sektora na środowisko. Może to zachęcać do wdrażania AI, zwłaszcza w regionach, w których koszty pracy są wysokie²⁵.

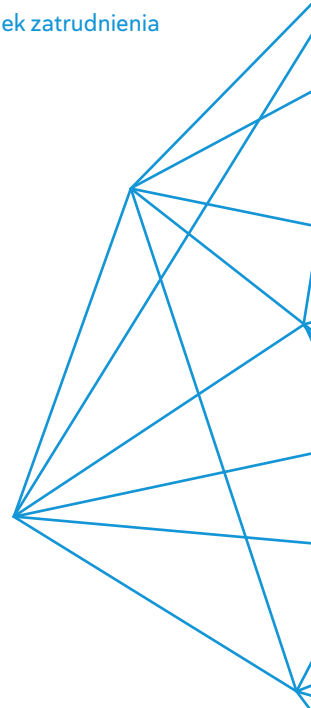
Tempo wdrażania AI w rolnictwie może być opóźnione w porównaniu do pozostałych sektorów gospodarki²⁶. Może wynikać to z braku odpowiedniej infrastruktury technicznej i cyfrowej, wystarczających zasobów na niezbędne inwestycje w kosztowne technologie, szybkiej łączności (szczególnie w przypadku urządzeń IoT oraz AI). Dodatkowo, sektor ten jest bardziej podatny na złożone, ciężko przewidywalne czy niekontrolowalne warunki niż produkcja. Trudność w zastępowaniu pracowników może doprowadzić początkowo nawet do wzrostu zatrudnienia w rolnictwie z powodu migracji pracowników z pozostałych sektorów, gdzie tempo automatyzacji i wdrażania AI może okazać się szybsze. Sektor rolnictwa

23 Alexandrova-Stefanova, N., Mroczek, Z. K., Nosarzewski, K., Audouin, S., Djamen, P., Kołos, N. & Wan, J. 2023. Harvesting change: Harnessing emerging technologies and innovations for agrifood systems transformation – Global foresight synthesis report. Rome. FAO and Cirad. <https://doi.org/10.4060/cc8498en>

24 Alexandrova-Stefanova, N., Mroczek, Z. K., Nosarzewski, K., Audouin, S., Djamen, P., Kołos, N. & Wan, J. 2023. Harvesting change: Harnessing emerging technologies and innovations for agrifood systems transformation – Global foresight synthesis report. Rome. FAO and Cirad. <https://doi.org/10.4060/cc8498en>

25 OECD. (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

26 WEF. (2025). Future of Jobs Report 2025



może przejść znaczącą transformację, co ostatecznie może prowadzić do wzrostu netto zatrudnienia w krótszej perspektywie, tj. do 2030 roku²⁷. Podczas gdy niektóre tradycyjne stanowiska ulegną redukcji ze względu na automatyzację i postęp technologiczny, pojawią się nowe stanowiska wymagające odświeżonych umiejętności, co doprowadzi do złożonej zmiany w strukturze zatrudnienia, a nie prostego spadku. Ponadto przyszłość rolnictwa i produkcji żywności stoi pod znakiem zapytania z powodu rozwoju bioinżynierii, biologii syntetycznej, rolnictwa miejskiego, co również znajdzie swoje odzwierciedlenie w strukturze zatrudnienia i pożądanych kompetencjach²⁸.

W perspektywie długookresowej (2040 rok) można spodziewać się bardziej znaczących spadków zatrudnienia w wyniku adopcji zaawansowanych technologii. Spadek zatrudnienia może wynikać z wdrożenia większej liczby robotów oraz maszyn automatyzujących czynności rutynowe. Warto jednak wskazać, że duże rozdrobnienie gospodarstw rolnych pod względem struktury wielkościowej (w 91,5% gospodarstw powierzchnia nie przekraczała 20 ha²⁹) w województwie mazowieckim skłania ku wolniejszemu i nierównomiernemu tempu adopcji rozwiązań AI. Odpowiednimi nakładami finansowymi i odpowiednio wyspecjalizowaną kadrą mogą dysponować wyłącznie największe gospodarstwa. Może to pogłębiać lukę kompetencyjną. Ponadto zapotrzebowanie na pracę w rolnictwie prawdopodobnie przesunie się w kierunku miejsc pracy wymagających bardziej zaawansowanych umiejętności cyfrowych i technicznych (bardziej specjalistycznych ról wymagających umiejętności w zakresie AI, analizy danych i robotyki), przy mniejszym zapotrzebowaniu na tradycyjne umiejętności manualne (robotnicy fizyczni wykonujący zadania takie jak: sadzenie, zbiór, pielęgnacja upraw, sortowanie i pakowanie). Nowe zawody pojawiające się w rolnictwie mogą wymagać większej znajomości technologii i zdolności do współpracy z nią. Rosnąć może znaczenie następujących kompetencji: myślenie systemowe, nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi, strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji, umiejętność współpracy, zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie, zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI, zdolność krytycznego myślenia, zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się, zdolności interpersonalne i komunikacyjne.

Nowe stanowiska mogą obejmować: inżynierów robotyki, specjalistów ds. uczenia maszynowego, analizy dużych zbiorów danych, obsługi i konserwacji technologii wykorzystywanej w rolnictwie precyzyjnym, m.in. czujniki, drony, zautomatyzowane maszyny oraz specjalistów ds. teledetekcji i GIS³⁰.

Handel hurtowy i detaliczny

Według wskazań ekspertów sektor handlu hurtowego i detalicznego może odczuć spadek zatrudnienia w perspektywie średnio- i długookresowej. Może przyczynić

27 WEF. (2025). *Future of Jobs Report 2025*

28 Future Today Institute. (2024). *2024 Tech Trend Report*.

29 UMWM. (2022). *Strategia rozwoju województwa mazowieckiego 2030 plus Innowacyjne Mazowsze*.

30 Alexandrova-Stefanova, N., Mroczek, Z. K., Nosarzewski, K., Audouin, S., Djamen, P., Kolos, N. & Wan, J. 2023. *Harvesting change: Harnessing emerging technologies and innovations for agrifood systems transformation – Global foresight synthesis report*. Rome. FAO and Cirad [<https://doi.org/10.4060/cc8498en>].

się do tego kilka czynników, w tym automatyzacja zadań rutynowych, rozwój handlu elektronicznego (e-commerce) oraz możliwości optymalizacji procesów i zwiększenia wydajności dzięki AI. Automatyzacja w tym sektorze może objąć procesy decyzyjne, zadania manualne, zarządzanie łańcuchem dostaw, zarządzanie zasobami ludzkimi oraz obsługę klienta.

Duża liczba zadań w sektorze handlu hurtowego i detalicznego jest powtarzalna i rutynowa, co stanowi duży potencjał do wdrażania AI w ramach, m.in. obsługi zaopatrzenia, przetwarzania płatności czy odpowiadania na podstawowe zapytania klientów. Kioski samoobsługowe i zautomatyzowane systemy inwentaryzacji zmniejszają zapotrzebowanie na kasjerów i personel magazynowy³¹. Dodatkowo, generatywna AI przyspiesza tempo automatyzacji³², ponieważ jest w stanie obsługiwać zadania związane z gromadzeniem i przetwarzaniem danych, takie jak zadania administracyjne. W kontekście prac rutynowych stanowiska wymagające pracy fizycznej, takie jak przenoszenie materiałów i załadunek, również są w wysokim stopniu narażone na automatyzację. Warto przy tym zaznaczyć, że automatyzacja w jednym obszarze może przesunąć siłę roboczą do innego obszaru, gdy za obniżeniem kosztów pracy idzie obniżenie cen produktów i wzrostu popytu, np. automatyzacja w obszarze kompletowania może skutkować wzrostem popytu na pakowaczy i operatorów wózków widłowych. Jednak może to nie zrekompensować ogólnego zmniejszenia zapotrzebowania na siłę roboczą³³. Dążenie do zwiększenia wydajności wraz z presją na obniżenie kosztów może raczej zachęcać firmy do wdrażania automatyzacji, która zmniejsza zapotrzebowanie na pracę.

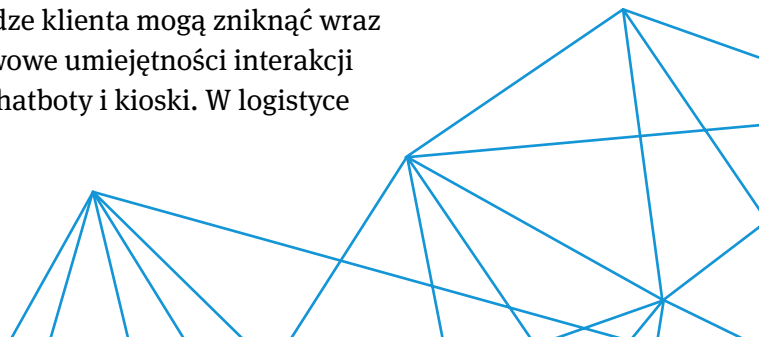
31 OECD. (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

32 EPC. (2024). AI and the future of work: Linking generative AI with social, economic, and labour market policies. DISCUSSION PAPER.

33 OECD. (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

Wzrost popularności zakupów online i rozwój e-commerce zmniejsza zapotrzebowanie na tradycyjne sklepy stacjonarne i personel z nimi związany, a to oznacza zmniejszenie zapotrzebowania na pracowników w fizycznych lokalizacjach handlowych do obsługi klientów i zarządzania operacjami. Równocześnie konsumenci, którzy przyzwyczaili się do szybkości i wygody zakupów online, mają również wyższe oczekiwania co do usług w sklepach internetowych, takich jak opcje dostawy następnego dnia i wydajne systemy realizacji zamówień. To przejście kreuje popyt na stanowiska w obszarach: e-commerce, zarządzania łańcuchem dostaw i logistyki, szczególnie w zakresie marketingu cyfrowego, sprzedaży online, obsługi klienta i zarządzania operacjami³⁴. Sztuczna inteligencja jest wykorzystywana do usprawniania zakupów online, personalizowania rekomendacji, usprawniania interfejsów użytkownika i zautomatyzowanego przetwarzania zamówień. Tradycyjne role w obsłudze klienta mogą zniknąć wraz z przeniesieniem interakcji do internetu, a podstawowe umiejętności interakcji z klientami mogą zostać zautomatyzowane przez chatboty i kioski. W logistyce

34 Future Today Institute. (2024). 2024 Tech Trend Report.



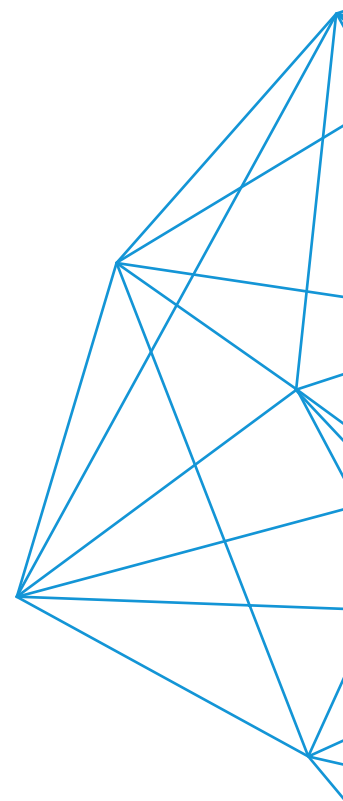
narzędzia AI są również wykorzystywane do optymalizacji łańcuchów dostaw, co dodatkowo zmniejsza zapotrzebowanie na ludzką siłę roboczą. Stanowiska w zakresie zadań fizycznych i zręczności manualnej są automatyzowane przez robotykę i systemy magazynowe oparte na AI. Systemy AI mogą analizować duże zbiory danych w celu usprawnienia procesów w sektorze detalicznym, takich jak zarządzanie łańcuchem dostaw, strategię cenową i angażowanie klientów. Optymalizacje te mają na celu zwiększenie efektywności operacyjnej i zmniejszenie zapotrzebowania na pracowników. Wdrożenie tych zaawansowanych systemów analityki danych i AI powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na pracowników w różnych funkcjach, w tym w sprzedaży i logistyce³⁵. Firmy coraz częściej polegają na analityce danych w celu podejmowania strategicznych decyzji, zastępując rolę, które opierają się na intuicji lub podstawowej analizie³⁶.

35 OECD. (2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

36 OECD. (2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.

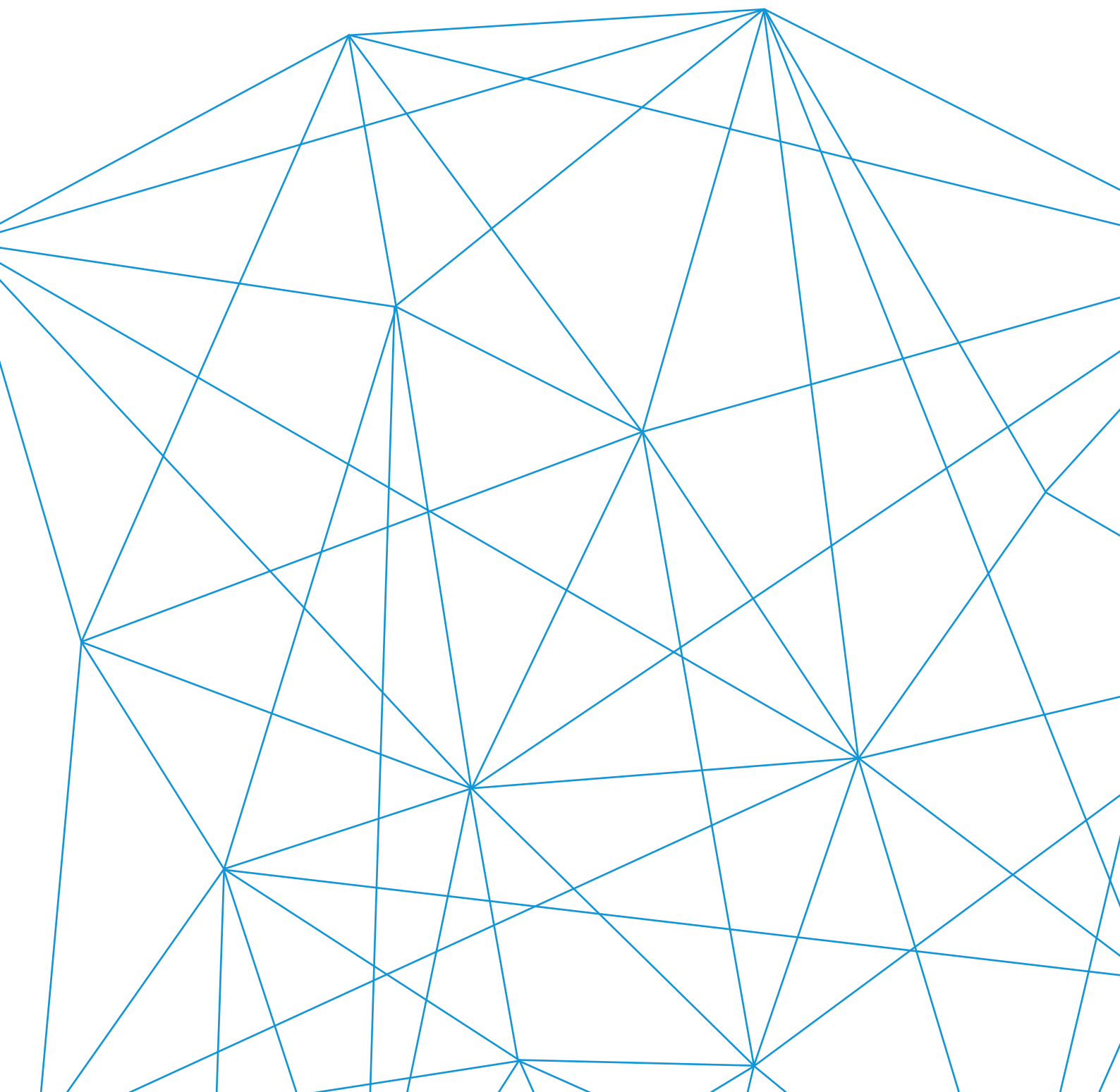
Czynniki te w najbliższej perspektywie stanowią potencjał do zastępowania stanowisk opartych na podstawowych umiejętnościach sprzedażowych i interakcji z klientami (kasjerzy i przedstawiciele obsługi klienta), stanowisk w zakresie wsparcia biurowego, wprowadzania danych i administracji (pracownicy biurowi, księgowi, pracownicy ds. płac), stanowisk związanych z pracą fizyczną w magazynach (pakowacze). Większe predyspozycje do wdrażania rozwiązań AI w tym sektorze mają duże firmy i korporacje z powodu odpowiedniego zaplecza finansowego i kadrowego, więc mogą one wprowadzać wielkoskalowe rozwiązania. Małe i średnie firmy również mogą skorzystać z AI w formie gotowych rozwiązań online (chatboty, podstawowa analityka danych internetowych). Szereg dostawców już teraz oferuje wiele rozwiązań, które łatwo i względnie niskim kosztem można zaimplementować w MŚP. Potencjalny spadek zatrudnienia w sektorach hurtowym i detalicznym może być wynikiem automatyzacji zadań rutynowych, przejścia na handel elektroniczny, optymalizacji opartej na AI i szerszych czynników ekonomicznych. Siły te zmniejszają liczbę tradycyjnych miejsc pracy oraz tworzą zapotrzebowanie na siłę roboczą o zaawansowanych umiejętnościach technicznych i cyfrowych. Rozwiązanie problemu rosnącej luki w umiejętnościach poprzez ukierunkowane programy przekwalifikowania i ułatwienie przejścia siły roboczej ma kluczowe znaczenie dla złagodzenia negatywnego wpływu tych trendów.

Zmiany w sektorze handlu hurtowego i detalicznego mogą doprowadzić do powstania nowych zawodów szczególnie w kontekście specjalistycznych umiejętności technicznych, zdolności analitycznych i dostosowywania się do zmieniających się warunków rynkowych np. specjalistów ds. AI i uczenia maszynowego, big data, marketingu cyfrowego i strategii czy inżynierów robotyki. Kluczowe w tym aspekcie są następujące umiejętności: myślenie systemowe, nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi,



strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji, zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI, zdolność krytycznego myślenia, zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się. Większe znaczenie mogą mieć również pracownicy ds. informacji o klientach i obsługi klienta wyspecjalizowani w spersonalizowanych interakcjach i wsparciu klienta, dzięki doskonałym umiejętnościom komunikacyjnym, empatii i zdolności rozwiązywania problemów³⁷.

37 WEF. (2025). *Future of Jobs Report 2025*.





Kompetencje i kwalifikacje związane ze sztuczną inteligencją

Kompetencje i kwalifikacje kluczowe w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji

Rzeczywisty rozwój sztucznej inteligencji zmienia charakter pracy i wymaga od pracowników posiadania nowych kompetencji i kwalifikacji. Na podstawie analizy literatury zidentyfikowano 15 kluczowych kompetencji i kwalifikacji, które zostały podzielone na trzy kategorie zgodnie z typologią kompetencji Europejskiego Centrum Rozwoju Kształcenia Zawodowego (CEDEFOP). Kompetencje kognitywne są związane z efektywnym wykorzystywaniem procesów poznawczych, czyli m.in. z wiedzą, rozumieniem i myśleniem, kompetencje funkcjonalne dotyczą wykonywania zadań i stosowania wiedzy w praktyce, a kompetencje społeczne związane są z interakcjami z innymi ludźmi, budowaniem relacji, efektywną komunikacją oraz funkcjonowaniem w społeczeństwie. Warto zaznaczyć, że w kontekście rozwoju AI granice między tymi kategoriami zacierają się, a wiele kompetencji ma charakter interdyscyplinarny.

TABELA 3

Lista kompetencji i kwalifikacji związanych z rozwojem AI.

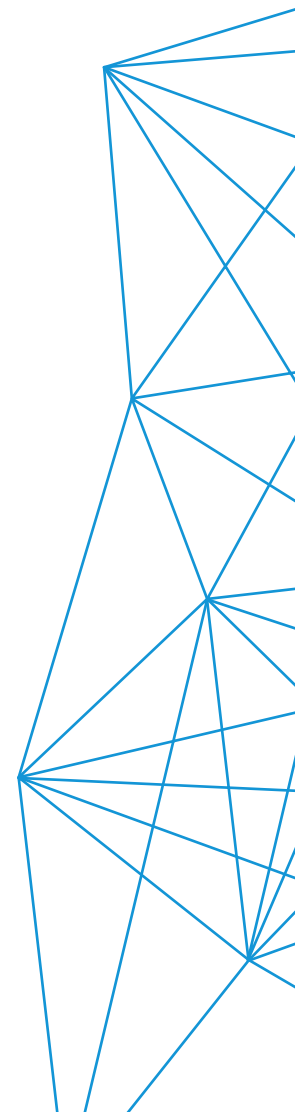
Kategoria	Kompetencja	Opis
społeczne	Empatia	Zdolność do rozumienia i wyczuwania stanów emocjonalnych, potrzeb i doświadczeń innych osób, wczuwania się w emocje innych ludzi, co może wspierać budowanie relacji opartych na zaufaniu.
	Kreatywność	Umiejętność wychodzenia poza schematy myślowe, dostrzegania nowych perspektyw i łączenia pozornie niezwiązanych ze sobą elementów w celu opracowania innowacyjnych rozwiązań.
	Umiejętność współpracy	Współpraca z systemami AI, robotami i zespołami złożonymi z ludzi i maszyn.
	Zdolność krytycznego myślenia	Analiza informacji, ocena argumentów, weryfikacja źródeł, wyciąganie wniosków, kwestionowanie założeń.
	Zdolności interpersonalne i komunikacyjne	Efektywne porozumiewanie się z innymi, budowanie dobrych relacji, adekwatne działanie w sytuacjach społecznych, regulowanie własnych emocji, aktywne słuchanie i jasne wyrażanie myśli.
funkcjonalne	Nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi	Umiejętność monitorowania i kontrolowania pracy robotów, cobotów i pojazdów autonomicznych, rozumienie zasad działania i ograniczeń systemów autonomicznych.
	Zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie	Znajomość narzędzi informatycznych, języków programowania i technologii cyfrowych.
	Zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI	Umiejętność gromadzenia, organizowania i przygotowywania danych do analizy przez systemy AI.

Kategoria	Kompetencja	Opis
funkcjonalne/ społeczne	Perspektywa holistyczna	Zdolność dostrzegania całości i związków między elementami, analizowania problemów z różnych perspektyw.
	Rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji	Świadomość etycznych wyzwań związanych z AI, zdolność do odpowiedzialnego i etycznego wykorzystania technologii.
	Wszechstronność	Zdolność do adaptacji i wykonywania różnorodnych zadań, otwartość na nowe wyzwania i zmiany.
kognitywne/ funkcjonalne	Specjalizacja dziedzinowa	Głęboka wiedza i doświadczenie w określonej dziedzinie, ekspercki poziom kompetencji w wybranym obszarze.
	Strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji	Organizowanie informacji, rozbijanie złożonych zagadnień na mniejsze części, projektowanie wieloetapowych ciągów działań służących rozwiązaniu problemów, analiza i synteza danych.
kognitywne	Myślenie systemowe	Rozumienie związków i zależności między elementami systemu, analiza wpływu zmian na całość.
społeczne/ kognitywne	Zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się	Elastyczność, otwartość na zmiany, chęć do ciągłego uczenia się i rozwoju w szybko zmieniającym się świecie.

Wśród zidentyfikowanych kompetencji i kwalifikacji mających największy potencjał w obliczu rozwoju AI największą grupę stanowią kompetencje społeczne, tj. empatia, kreatywność, umiejętność współpracy, zdolność krytycznego myślenia czy zdolności interpersonalne i komunikacyjne. Wynika to z potencjału AI do automatyzacji rutynowych zadań oraz jej naturalnych ograniczeń w zakresie rozumienia i odzwierciedlania ludzkich emocji, budowania relacji i podejmowania decyzji etycznych. Systemy sztucznej inteligencji działają w oparciu o statystykę, mają charakter probabilistyczny, co oznacza, że ich zasadą jest kalkulacja prawdopodobieństwa i wyznaczanie korelacji pomiędzy dowolnymi elementami zbioru danych. Oznacza to też, że wzorce, które rozpoznają, mogą mieć charakter przygodny i nie muszą wynikać z istotnych związków przyczynowo-skutkowych. Dostrzeganie i analizowanie tych ostatnich stanowi dystynktywną cechę ludzkiego rozumienia. Co istotne, umiejętność współpracy nie ogranicza się tylko do relacji międzyludzkich, ale dotyczy również wchodzenia w interakcje z systemami AI czy robotami.

Kompetencje funkcjonalne – nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi, zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie oraz zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI – odnoszą się do umiejętności specyficznych dziedzinowo, warunkujących zdolność do efektywnego użytkowania AI.

Kompetencje funkcjonalno-społeczne dotyczą dostrzegania szerszej perspektywy i możliwych implikacji wykorzystywanych narzędzi, głównie cyfrowych i informatycznych na inne obszary, w tym społeczny. Istotne z tej perspektywy są



rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji, wszechstronność i perspektywa holistyczna, aby umieć przewidzieć konsekwencje związane z włączeniem AI w procesy.

Kompetencje kognitywno-funkcjonalne dotyczą dobrego orientowania się w wąskich zagadnieniach i wysokich zdolności analitycznych. Istotne z tej perspektywy są specjalizacja dziedzinowa oraz strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji, co pozwala na efektywne wykorzystanie AI do rozwiązywania specyficznych problemów w danej dziedzinie. Podobnie jak myślenie systemowe, czyli kompetencja kognitywna.

Dynamicznie zmieniające się wymagania rynku pracy mogą wymagać od pracowników elastyczności i otwartości na zmiany. Do takiej postawy potrzebne są kompetencje społeczno-kognitywne, w tym zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się.

W badaniu delfickim z podanej listy (Tabela 3.) eksperci wybrali najważniejsze kompetencje i kwalifikacje związane z rozwojem AI (wskazania dla odpowiedzi powyżej średniej w każdej z tez). Poniżej znajduje się lista kompetencji ułożona w kolejności wskazań ekspertów od największej do najmniejszej liczby tez:

- ▶ nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi,
- ▶ zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI,
- ▶ zdolność krytycznego myślenia,
- ▶ strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji,
- ▶ myślenie systemowe,
- ▶ zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się,
- ▶ zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie,
- ▶ rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji,
- ▶ zdolności interpersonalne i komunikacyjne,
- ▶ umiejętność współpracy,
- ▶ specjalizacja dziedzinowa,
- ▶ perspektywa holistyczna,
- ▶ kreatywność,
- ▶ twórcze myślenie,
- ▶ wszechstronność,
- ▶ umiejętności manualne.

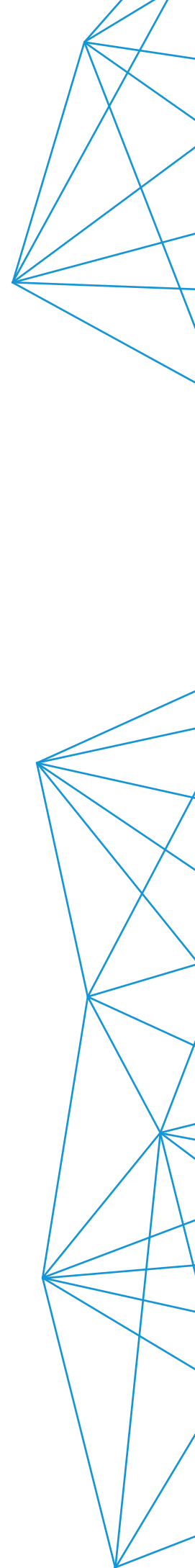
Co jednak szczególnie istotne w powyższej analizie to fakt, że niemal każda ze zidentyfikowanych w Tabeli 3. kompetencji pojawiała się na szczycie wskazań ekspertów w co najmniej jednym z analizowanych w badaniu zjawisk. Większość oceniana była jako kluczowa dla kilku lub kilkunastu zjawisk. Nie można zatem mówić o kompetencjach bardziej lub mniej istotnych w rozmowie o profilu pracownika przyszłości. Wszystkie one powinny być w centrum zainteresowania

systemów edukacyjnych czy szkoleniowych, z dużą pewnością będą bowiem stanowić spis kwalifikacji o szczególnym znaczeniu na przyszłym rynku pracy.

W kontekście przyszłych kompetencji nie można także przecenić znaczenia futures literacy, które można tłumaczyć jako umiejętności w dziedzinie przyszłości. Myślenie przyszłościowe obejmuje przewidywanie i przygotowywanie się na potencjalne przyszłe scenariusze, biorąc pod uwagę różne czynniki, takie jak postęp technologiczny, zmiany gospodarcze i zmiany społeczne. Przyjmując podejście oparte na myśleniu przyszłościowym, jednostki, organizacje i instytucje edukacyjne mogą lepiej zrozumieć długoterminowe implikacje rozwoju AI i proaktywnie dostosowywać się do zmieniających się wymagań w zakresie kompetencji i kwalifikacji.

Rozwój przyszłych kompetencji niezbędnych na rynku pracy należy również rozpatrywać w kontekście przyszłych przemian w omawianej w raporcie technologii. Warto bowiem pamiętać, że sztuczna inteligencja nie jest technologią zamkniętą, wręcz przeciwnie, jej rozwój dynamicznie postępuje, tak jak postępować będzie jej wpływ na rynek pracy. Obecnie dominuje generatywna AI, zdolna do tworzenia różnorodnych treści, takich jak tekst, obrazy i muzyka, co już teraz zmienia sposób pracy w wielu branżach. Można spodziewać się, że w przyszłości rola generatywnej AI stanie się jeszcze większa, m.in. w związku z jej zdolnością do automatyzacji zadań, które dotychczas wymagały ludzkiej kreatywności. Przewidywane kolejne etapy rozwoju AI, takie jak agentowa AI czy AGI (Ogólna Sztuczna Inteligencja), niosą ze sobą potencjał do dalszych, głębokich transformacji na rynku pracy. AI agentowa, zdolna do autonomicznego działania i podejmowania decyzji, może być wykorzystywana do automatyzacji procesów biznesowych i zarządzania projektami. AGI, czyli AI o zdolnościach porównywalnych z ludzkimi, może doprowadzić do automatyzacji wielu zawodów, w tym tych, które obecnie uważane są za niemożliwe do zautomatyzowania.

Należy jednak pamiętać, że rozwój AI to proces tak dynamiczny, jak nieprzewidywalny. Nie możemy dokładnie wskazać, kiedy (i czy w ogóle) nastąpią kolejne gwałtowne przełomy w rozwoju AI i jaki będzie ich wpływ na rynek pracy. Możemy jednak przygotować się na zmiany, inwestując w rozwój kompetencji, które będą niezbędne w przyszłości. Niezależnie od etapu rozwoju AI, istnieje bowiem zestaw kompetencji uniwersalnych, które z wysokim prawdopodobieństwem będą przydatne dla pracowników przyszłości. Należą do nich de facto wszystkie zidentyfikowane i wskazywane przez ekspertów w badaniu kompetencji i kwalifikacje. Rozwój AI może jednak przeddefiniować ich treść, tak jak ma to miejsce chociażby w przypadku umiejętności współpracy, już obecnie zaczynającej wykraczać poza stosunki międzyludzkie i nabierającej waloru technologicznej kooperacji z systemami i urządzeniami. W przyszłości możemy spodziewać się wielu takich zaskakujących przekształceń, choć podstawowa idea zostanie zapewne w wielu przypadkach zachowana.



Sekcje gospodarki generujące popyt na kompetencje i kwalifikacje związane ze sztuczną inteligencją

Szybki rozwój i integracja sztucznej inteligencji w różnych sektorach gospodarki zasadniczo zmieniają zapotrzebowanie na kompetencje i kwalifikacje. Zgodnie z rozdziałem „[Analiza sektorów gospodarki Mazowsza pod kątem wpływu sztucznej inteligencji](#)” niniejszego raportu, rozwój AI będzie miał zróżnicowany wpływ na poszczególne sektory gospodarki województwa mazowieckiego. Analiza opinii ekspertów biorących udział w badaniu delfickim pozwoliła wyłonić sektory o największym potencjale do tworzenia nowych miejsc pracy i wzrostu zatrudnienia, jak również te, w których rozwój AI może prowadzić do spadku zatrudnienia.

Branże o największym potencjale wzrostowym to: działalność profesjonalna, naukowa i techniczna; informacja i komunikacja; opieka zdrowotna i pomoc społeczna; działalność finansowa i ubezpieczeniowa; administracja publiczna i obrona narodowa, obowiązkowe zabezpieczenia społeczne; edukacja. Bazując na odpowiedziach ekspertów, w sektorach tych oczekuje się rozwoju i wdrażania innowacyjnych rozwiązań opartych na AI, co przyczyni się do wzrostu zapotrzebowania na specjalistów posiadających kompetencje w tym zakresie.

W badaniu delfickim eksperci mieli także możliwość wskazania konkretnych kompetencji i kwalifikacji, które w ramach tego zjawiska są szczególnie istotne. Zgodnie z wynikami badania kluczowymi (wskazanymi przez co najmniej 9 ekspertów z Polski i Europy) kompetencjami są:

- ▶ nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi,
- ▶ zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI,
- ▶ zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się,
- ▶ zdolność krytycznego myślenia,
- ▶ myślenie systemowe,
- ▶ rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji,
- ▶ zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie,
- ▶ umiejętność współpracy,
- ▶ zdolności interpersonalne i komunikacyjne,
- ▶ perspektywa holistyczna.

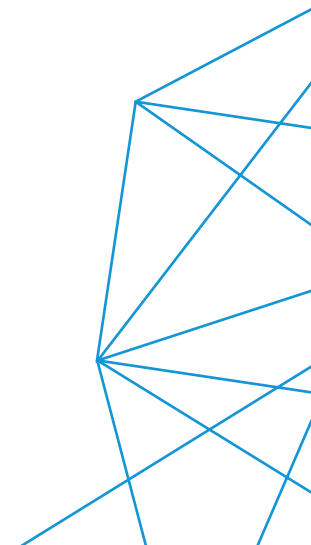
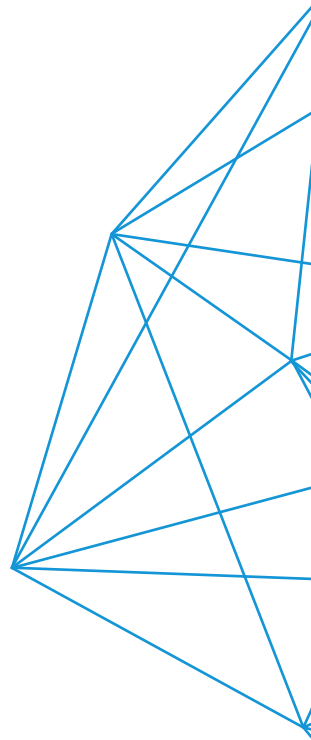
Jako ważne we wskazaniach ekspertów znalazły się także:

- ▶ kreatywność,
- ▶ strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji,
- ▶ wszechstronność,
- ▶ specjalizacja dziedzinowa,
- ▶ empatia.

Jednocześnie analiza zawarta w przywołanym powyżej rozdziale wskazuje na sektory, w których AI może prowadzić do spadku zatrudnienia. Są to przede wszystkim branże charakteryzujące się wysokim udziałem zadań rutynowych i powtarzalnych, które mogą być łatwo zautomatyzowane. Należą do nich: działalność finansowa i ubezpieczeniowa; administracja publiczna i obrona narodowa, obowiązkowe zabezpieczenia społeczne; informacja i komunikacja; działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca; rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo; handel hurtowy i detaliczny. Można zatem przewidywać, że w tych sektorach pracownicy będą musieli w największym stopniu skupić się na przekwalifikowaniu i rozwoju kompetencji przyszłości, aby dostosować się do zmieniających się warunków na rynku pracy. Warto w tym miejscu wskazać, że trzy z wymienionych, tj. **informacja i komunikacja, działalność finansowa i ubezpieczeniowa oraz administracja publiczna i obrona narodowa, obowiązkowe zabezpieczenia społeczne** to sektory wskazane przez ekspertów również w części dotyczącej największego potencjału wzrostu zatrudnienia, co oznacza, że są one obarczone ryzykiem największych przemian strukturalnych na rynku pracy. Więcej o tym zjawisku można przeczytać w rozdziale „**Analiza sektorów gospodarki Mazowsza pod kątem wpływu sztucznej inteligencji**”. Podobnie jak w kontekście analizy popytu i podaży pracy w tych branżach, o sprzężeniu zwrotnym możemy mówić także w kontekście zapotrzebowania na kwalifikacje i kompetencje. Zarówno pracownicy, jak i pracodawcy powinni być przygotowani na wysoki stopień elastyczności i zdolności adaptacji do potencjalnie dużych, dynamicznych zmian w tych sektorach. Podobnie systemy edukacji i szkoleń w tych obszarach powinny charakteryzować się zdolnością do szybkiego reagowania na zmieniające się potrzeby rynku.

Powróćmy jednak do kluczowych kompetencji wskazanych przez ekspertów w odniesieniu do sektorów potencjalnie zagrożonych bezrobociem strukturalnym. Na liście najistotniejszych umiejętności (wskazywanych przez co najmniej 9 ekspertów z Polski i Europy) znalazły się:

- ▶ zarządzanie informacją z wykorzystaniem AI,
- ▶ zdolności adaptacyjne i przyjęcie kultury ustawicznego uczenia się,
- ▶ zaawansowane umiejętności informatyczne i programowanie,
- ▶ zdolności interpersonalne i komunikacyjne.



Jako ważne we wskazaniach ekspertów znalazły się także:

- ▶ myślenie systemowe,
- ▶ nadzorowanie i współpraca z urządzeniami autonomicznymi,
- ▶ strukturyzowanie problemów i złożone przetwarzanie informacji,
- ▶ kreatywność,
- ▶ specjalizacja dziedzinowa,
- ▶ wszechstronność,
- ▶ zdolność krytycznego myślenia,
- ▶ empatia,
- ▶ rozumienie etycznych implikacji wykorzystania sztucznej inteligencji,
- ▶ perspektywa holistyczna,
- ▶ umiejętność współpracy.

Analiza kluczowych kompetencji w kontekście rozwoju AI i jej wpływu na rynek pracy wskazuje, że w miarę automatyzacji rutynowych zadań przez AI wzrośnie zapotrzebowanie na umiejętności trudne do zautomatyzowania. Należą do nich zdolność adaptacji, uczenie się przez całe życie, krytyczne myślenie oraz umiejętność rozwiązywania problemów. Równie istotne będą umiejętności społeczne, takie jak skuteczna komunikacja i współpraca. Wskazuje to na rosnącą potrzebę kształcenia pracowników w zakresie umiejętności, które pozwolą im na efektywne współdziałanie z AI, a także na krytyczną ocenę jej działania i wyników.

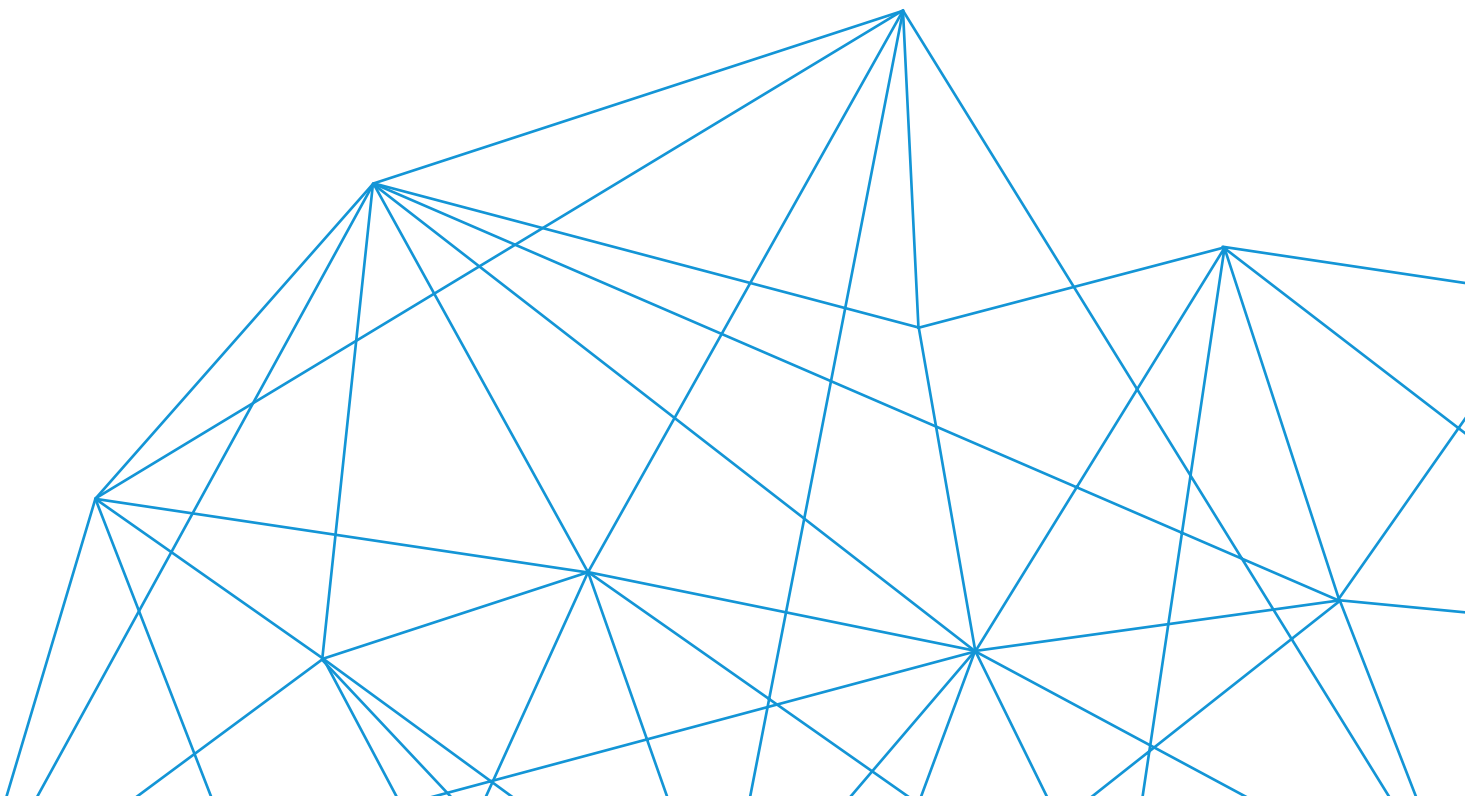
Jednocześnie kluczowe znaczenie umiejętności wskazanych dla tezy o strukturalnym bezrobociu w odpowiedzi na rosnącą rolę AI w gospodarce, tj. zarządzania informacją z wykorzystaniem AI, zdolności adaptacyjnych i przyjęcia kultury ustawicznego uczenia się, zaawansowanych umiejętności informatycznych i programowania oraz zdolności interpersonalnych i komunikacyjnych, może wyznaczać najistotniejszy zakres kompetencji w kontekście tworzenia ścieżek przebranżowienia. Ten zestaw, wspierany przez rozwój pozostałych umiejętności wskazywanych przez ekspertów, może stanowić fundament kompetencyjny pracownika przyszłości.

Należy zauważyć, że chociaż wyżej wymienione sektory, zgodnie z opinią ekspertów biorących udział w badaniu delfickim, będą podlegać szczególnemu wpływowi AI, rozwój tej technologii będzie miał szerokie implikacje dla całej gospodarki. Każdy sektor odczuje wpływ sztucznej inteligencji w unikalny sposób, co przełoży się na specyficzne zapotrzebowanie na kompetencje. Będzie to zależne od takich czynników, jak tempo wdrażania AI, uwarunkowania regulacyjne oraz charakter wykonywanej pracy. Dotychczas, gdy w historii ludzkości dokonywał się przełom technologiczny (od maszyny parowej, przez komputery osobiste, po internet), powstawały nowe, często bardziej interesujące i bezpieczne miejsca pracy, pozwalające wykorzystać to, że pewne zadania stawały się mniej pracochłonne. Także i tym razem można oczekiwać, że przełom

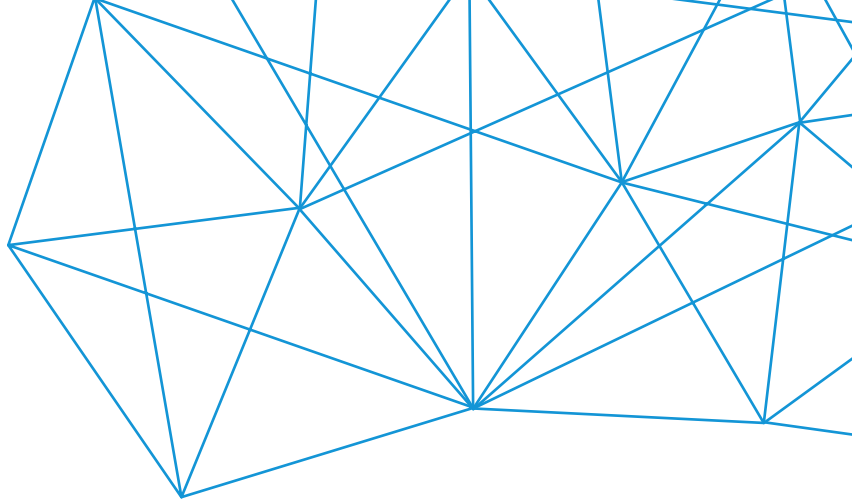
związany z rozwojem AI doprowadzi do powstania nowych zawodów i możliwości zatrudnienia – pytanie jednak, czy i tym razem liczba nowych miejsc pracy pozwoli zrównoważyć ich ubytek, a także czy odbędzie się to bez trudnego okresu przejściowego. Zapewnienie płynnej zmiany przy spodziewanych, daleko idących i potencjalnie szybkich zmianach, to nie tylko duże wyzwanie, ale też szansa na to, aby więcej osób mogło wykonywać zawody bezpieczne, przyjemne i dające satysfakcję. Podkreśla to kluczową rolę adaptacji oraz rozwoju kompetencji w odpowiedzi na postępującą automatyzację, co będzie decydujące dla przyszłego rynku pracy.

W związku z tym, kluczowe jest, aby pracownicy we wszystkich sektorach gospodarki byli przygotowani na zmiany i rozwijali kompetencje, które pozwolą im dostosować się do nowych warunków. Ważnym elementem tej przemiany będzie zapewnienie pracownikom ścieżek przekwalifikowania. Istnieje zestaw kompetencji bazowych, które będą istotne dla wszystkich branż w erze AI. Programy szkoleniowe i edukacyjne powinny koncentrować się na rozwoju kompetencji i kwalifikacji uznanych za kluczowe i istotne w ramach niniejszego projektu. Dotyczy to, zarówno zaawansowanych umiejętności cyfrowych, jak i umiejętności społecznych i kognitywnych. Rozwój tych kompetencji pozwoli pracownikom na przekwalifikowanie się i podjęcie nowych ról w innych sektorach, dostosowując się do ewoluujących potrzeb rynku pracy.

Rozwój AI będzie miał dalekosiężne konsekwencje dla całej gospodarki. Kluczowe znaczenie ma inwestowanie w rozwój kapitału ludzkiego i promowanie kultury ciągłego uczenia się, aby zapewnić płynną transformację cyfrową. Dostosowanie kompetencji do nowych realiów i zapewnienie ścieżek przekwalifikowania pozwoli pracownikom na skorzystanie z nowych możliwości zatrudnienia generowanych przez rozwój AI.



**Szanse i ryzyka związane
ze zmianą zapotrzebowania
na kompetencje w sektorach
gospodarki województwa
mazowieckiego**



Sztuczna inteligencja zyskuje na popularności wśród polskich przedsiębiorstw, które coraz częściej decydują się na rozwijanie i wdrażanie technologii opartych

na AI. W 2024 r. 24% przedsiębiorstw w Polsce wdrażało rozwiązania z zakresu AI i automatyzacji³⁸. Polska, w porównaniu z innymi krajami UE i regionu Europy Środkowo-Wschodniej, ma stosunkowo duży dostęp do specjalistów zajmujących się sztuczną inteligencją³⁹. O potencjale Polski w kontekście rozwoju AI świadczy także fakt, że Polska zajmuje 7. miejsce w UE pod względem liczby talentów w obszarze AI i 1. miejsce w regionie CEE. Na tle kraju to właśnie Warszawa odgrywa kluczową rolę w rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce, ponieważ jest ważnym ośrodkiem innowacji. W 2021 r. aż 46% firm i instytucji działających na rynku AI w Polsce miało swoje siedziby w Warszawie⁴⁰. Warszawa łączy czołowe środowiska akademickie

z dużymi firmami, zarówno krajowymi, jak i zagranicznymi, co stwarza dogodne warunki do rozwoju nowoczesnych technologii. Dodatkowo struktura gospodarcza Warszawy, w której dominuje sektor usług, a coraz większy udział mają firmy z sektora nowoczesnych usług biznesowych i fintech, sprzyja rozwojowi sztucznej inteligencji. Warszawa posiada również bogate zaplecze akademickie z renomowanymi uczelniami prowadzącymi badania w tym obszarze. Wszystko to wskazuje, że rozwój gospodarczy oparty na sztucznej inteligencji może umacniać się w Warszawie, co ułatwia wykorzystanie szans związanych z rozwojem AI.

Jednak województwo mazowieckie jest zróżnicowane pod względem rozwoju, co wpływa niekorzystnie na możliwość wykorzystania szans związanych z rozwojem AI w perspektywie całego województwa. Mazowsze dzieli się na dwie strefy. „Innowacyjne centrum” stanowi Warszawa, w której znajdują się siedziby zaawansowanych technologicznie i opartych na wiedzy firm. Pozostała część województwa jest znacznie mniej innowacyjna i skupia się na tradycyjnych gałęziach przemysłu. Dodatkowo, absolwenci uczelni i wysoko wykwalifikowani

pracownicy opuszczają obszar regionalny Mazowsza. Dzieje się tak, ponieważ w tej części regionu brakuje dobrze płatnych miejsc pracy dla specjalistów, a oferta kulturalna i społeczna jest mało atrakcyjna. To zjawisko pogłębia nierównomierny rozkład kapitału ludzkiego i negatywnie wpływa na rozwój innowacji⁴¹.

38 Barometr polskiego rynku pracy, Raport Personnel Service, VII edycja, I półrocze 2024, https://personnelservice.pl/wp-content/uploads/2024/04/Barometr-Polskiego-Rynku-Pracy_1H2024_Personnel-Service.pdf

39 Digital Poland. (2021). State of Polish AI 2021.

40 Digital Poland. (2021). State of Polish AI 2021.

41 UMWM. (2021). Regionalna Strategia Innowacji dla Mazowsza do 2030 roku <https://funduszeudlamazowsza.eu/wp-content/uploads/2024/05/RIS-Mazovia-2030-1.pdf>

Sztuczna inteligencja ma potencjał, by znacząco wpłynąć na Obszary Inteligentnej Specjalizacji (Tabela 4.) w regionie. Rozwój AI wygeneruje popyt na specjalistów w tej dziedzinie, co przyczyni się do wzrostu zatrudnienia w sektorach takich jak działalność profesjonalna, naukowa i techniczna. Sektory te wymagają szczególnej uwagi ze względu na ich kluczową rolę w implementacji i dalszym rozwoju AI w kraju i regionie mazowieckim. Zapewnią one również pulę wykwalifikowanych specjalistów, niezbędnych do dynamicznego rozwoju sztucznej inteligencji we wszystkich innych obszarach i branżach gospodarki Mazowsza.

Ponadto, rozwój AI będzie miał istotny wpływ na ekosystem biznesowy i jakość życia. Nowoczesny ekosystem biznesowy może zostać przekształcony w znacznym stopniu przez transformacyjne sektory, takie jak informacja i komunikacja oraz działalność finansowa i ubezpieczeniowa, ze względu na ich potencjał do automatyzacji procesów, personalizacji usług i wdrażania innowacyjnych rozwiązań opartych na AI. Poprawa jakości życia jest nierozdzielnie związana z sektorami takimi jak edukacja, opieka zdrowotna i pomoc społeczna oraz administracja publiczna i obrona narodowa, ponieważ AI ma potencjał podniesienia standardów i efektywności usług publicznych, jak również wspierania innowacji w edukacji i opiece zdrowotnej, co bezpośrednio przekłada się na jakość życia obywateli.

TABELA 4

Powiązania sektorów PKD z Obszarami Inteligentnej Specjalizacji województwa mazowieckiego w kontekście popytu na kompetencje i kwalifikacje związane z rozwojem AI.

Sektory PKD	Obszary Inteligentnej Specjalizacji			
	BEZY	INSPI	NEKO	WOJAŻ
Sektory potencjalnie generujące największy popyt na kompetencje i kwalifikacje związane z rozwojem AI (utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia)				
M – Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	×	×	×	
P – Edukacja				×
Q – Opieka zdrowotna i pomoc społeczna				×
Sektory, które mają największy potencjał, by ulec transformacji, w wyniku rozwoju AI (duży potencjał do generowania miejsc pracy, przy jednoczesnym dużym ryzyku likwidacji miejsc pracy)				
J – Informacja i komunikacja		×	×	
K – Działalność finansowa i ubezpieczeniowa			×	
O – Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne				×

BEZY

Bezpieczna żywność

INSPI

Inteligentne systemy
w przemyśle i infrastrukturze

NEKO

Nowoczesny ekosystem
biznesowy

WOJAŻ

Wysoka jakość życia



Perspektywy i szanse związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje związane z AI

WZROST INNOWACYJNOŚCI I KONKURENCYJNOŚCI Sztuczna inteligencja może przyczynić się do wzrostu innowacyjności i konkurencyjności firm, umożliwiając im opracowywanie nowych produktów i usług oraz optymalizację procesów. W wielu sektorach AI może przełożyć się na skrócenie czasu i zmniejszenie kosztów niezbędnych do realizacji projektów i działań, a także zwiększyć produktywność pracy, co w ogólnym rozrachunku może przełożyć się na wzrost gospodarczy. Regiony z wysoko wykwalifikowaną siłą roboczą w zakresie AI będą bardziej atrakcyjne dla inwestorów, co ma szczególne znaczenie dla regionu stołecznego. Może zwiększyć to możliwości zatrudnienia w obszarach takich jak rozwój i utrzymanie systemów AI, analiza danych czy cyberbezpieczeństwo. Wsparcie sektora badawczo-rozwojowego w dziedzinie AI również jest kluczowe, aby wzmocnić potencjał innowacyjny.

ROZWÓJ KAPITAŁU LUDZKIEGO Zmiana zapotrzebowania na kompetencje będzie najprawdopodobniej stymulować rozwój kapitału ludzkiego. Inwestycja w rozwój umiejętności cyfrowych i kompetencji związanych z AI może mieć podstawowe znaczenie dla podniesienia kwalifikacji i zwiększenia konkurencyjności na rynku pracy, m.in. w zakresie programowania, analizy danych i obsługi narzędzi AI. Właściwości AI, takie jak pomoc w rozwoju wiedzy, podsuwanie nieoczywistych kontekstów, wzmacnianie zdolności myślenia poza schematami czy organizowanie materiału sprawia, że AI jest doskonałym partnerem do rozwijania pomysłów i projektów. Współpraca z AI może pozwolić na rozwój i wzmocnienie możliwości poznawczych, co jest cennym atrybutem w kontekście innowacyjności i konkurencyjności.

NOWE MIEJSCA PRACY Rozwój AI stwarza nowe możliwości zatrudnienia w obszarach takich jak rozwój i konserwacja systemów AI, analiza danych czy cyberbezpieczeństwo. Rośnie znaczenie specjalistów do spraw AI i mogą oni liczyć na atrakcyjne zarobki. Można się spodziewać, że wraz ze zmianami na rynku pracy wzrośnie znaczenie kształcenia ustawicznego i przekwalifikowania. Pomóc w tym może rozwój kompetencji miękkich, który pozwoli pracownikom lepiej adaptować się do zmieniającego się środowiska pracy i współpracować z AI.

ZMIANA MODELU PRACY Zwiększona wydajność pracy, wynikająca z automatyzacji zadań i wsparcia w podejmowaniu decyzji przez generatywną AI



otwiera możliwości związane z nowymi modelami pracy, w tym skróceniem tygodnia pracy do 4 dni, zmniejszeniem liczby godzin pracy, a nawet wprowadzeniem elastycznych form organizacji pracy opartych na zaufaniu. Realizacja tych zmian wymagałaby jednak konsultacji społecznych, nowych regulacji prawnych i wypracowania nowej „umowy społecznej” między pracodawcami a pracownikami.

NOWE MODELE BIZNESOWE AI może przyczynić się do powstania nowych modeli biznesowych i innowacyjnych rozwiązań w różnych sektorach gospodarki, co otworzy nowe możliwości zwiększenia konkurencyjności dla przedsiębiorców. Nowe platformy cyfrowe mogą wykorzystywać AI do łączenia klientów z dostawcami usług, np. w sektorze transportu, edukacji czy zdrowia. AI może zwiększyć skalę personalizacji produktów i usług, co zwiększy ich atrakcyjność dla klientów. Automatyzacja wielu procesów biznesowych może obniżyć koszty i zwiększyć efektywność firm.

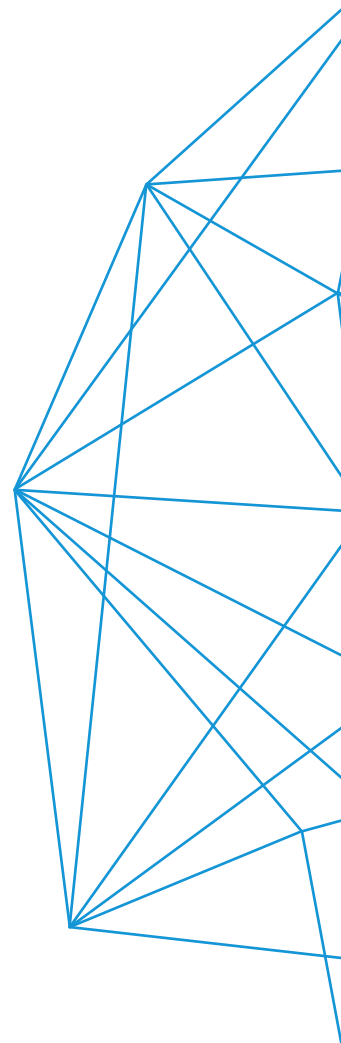
POPRAWA JAKOŚCI USŁUG AI może przyczynić się do poprawy jakości usług w obszarach takich jak edukacja, opieka zdrowotna czy administracja publiczna, ponieważ umożliwia rozwój innowacyjnych rozwiązań oraz lepsze dostosowanie produktów i usług do indywidualnych potrzeb.

WZMOCNIENIE WSPÓŁPRACY MIĘDZYSEKTOROWEJ Sztuczna inteligencja może wspomóc budowę silnej współpracy między sektorem publicznym, prywatnym i organizacjami pozarządowymi. AI może zostać wykorzystana do rozwiązywania problemów społecznych i gospodarczych oraz prowadzenia otwartego dialogu na temat rozwoju i wykorzystania AI, z udziałem szerokiego grona interesariuszy. Wymiana wiedzy i doświadczeń oraz realizacja międzysektorowych projektów mogą wspomóc transformację rynku pracy w dobie AI.

Ewolucja szans i perspektyw związana z kolejnymi, prognozowanymi etapami rozwoju AI

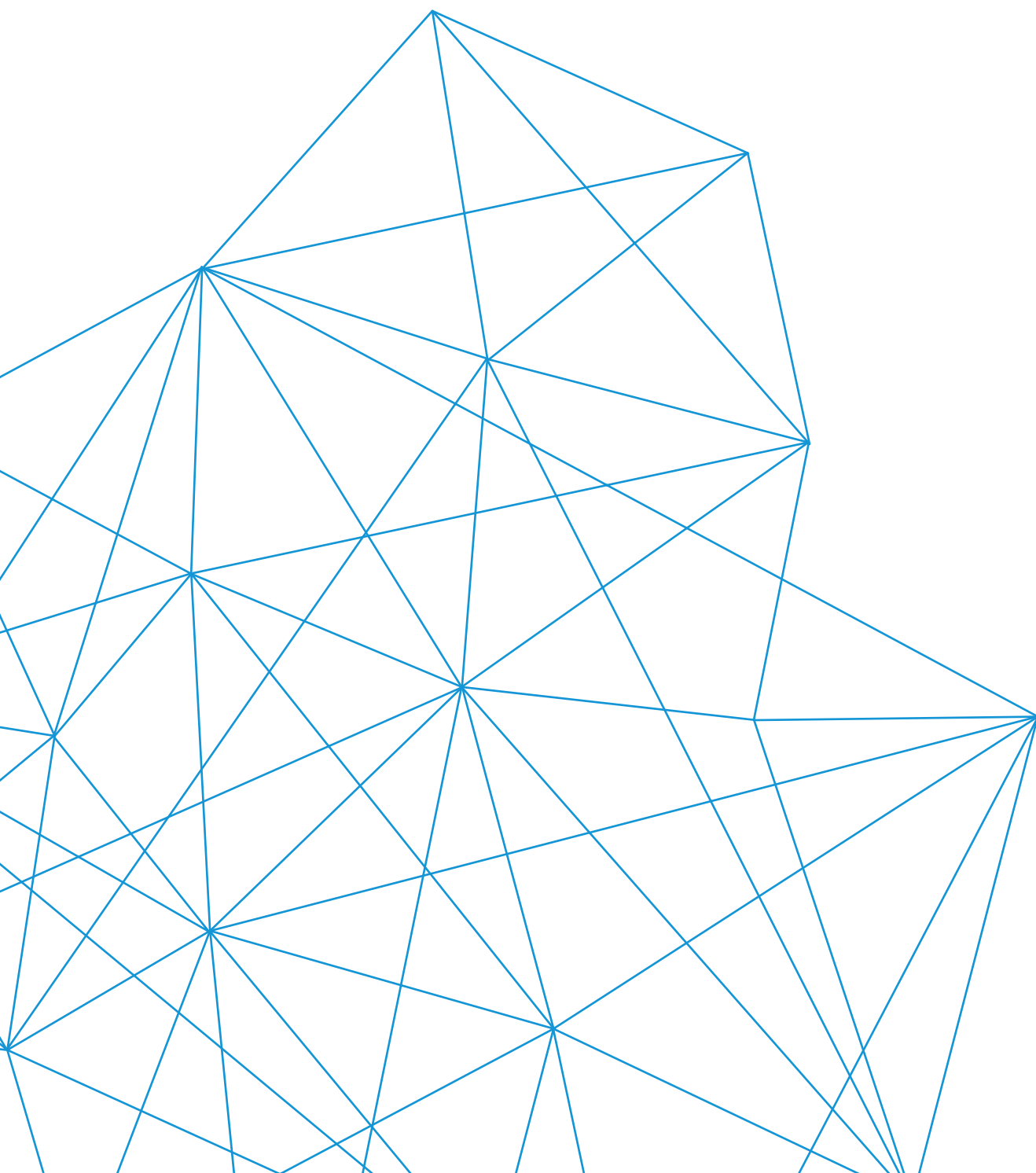
Agentowa AI, zdolna do samodzielnego działania i podejmowania decyzji, mogłaby zrewolucjonizować wiele sektorów gospodarki. W przemyśle, agenci AI mogliby usprawnić procesy produkcyjne, monitorować jakość i zarządzać zasobami. W logistyce, AI mogłaby optymalizować łańcuchy dostaw, przewidywać zapotrzebowanie i minimalizować koszty. W transporcie, autonomiczne pojazdy mogłyby zwiększyć bezpieczeństwo i efektywność transportu, a w medycynie, AI mogłaby wspierać diagnostykę, planowanie leczenia i opiekę nad pacjentami.

Osiągnięcie AGI, czyli sztucznej inteligencji o poziomie intelektualnym porównywalnym z ludzkim lub go przewyższającym, mogłoby przynieść przełomowe



zmiany w wielu dziedzinach. AGI mogłaby wspierać naukowców w rozwiązywaniu złożonych problemów, takich jak zmiany klimatyczne, choroby czy ubóstwo. Mogłaby przyspieszyć rozwój technologiczny, prowadząc do nowych odkryć i innowacji w medycynie, energetyce, biotechnologii i innych dziedzinach. AGI mogłaby również przyczynić się do rozwoju nowych form sztuki, edukacji i rozrywki, otwierając przed ludzkością nowe możliwości rozwoju i eksploracji.

Zarówno systemy agentowe, jak i AGI wiążą się jednocześnie z szeregiem zagrożeń, o których wspominamy w następnym rozdziale.



Ryzyka i wyzwania związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje związane z AI

AUTOMATYZACJA CZYNNOŚCI RUTYNOWYCH I ZAGROŻENIE BEZROBOCIEM STRUKTURALNYM AI i automatyzacja mogą prowadzić do zaniku miejsc pracy wymagających rutynowych czynności lub podstawowych umiejętności. W przemyśle może to dotyczyć operatorów maszyn i taśm produkcyjnych, w rolnictwie – pracowników sezonowych i fizycznych, w handlu – kasjerów i magazynierów, a w administracji – osób wprowadzających dane i archiwizujących dokumenty. Osoby te mogą mieć trudności z przekwalifikowaniem się i znalezieniem nowej pracy w zawodach wymagających bardziej zaawansowanych umiejętności. Kobiety częściej pracują w zawodach związanych z zadaniami rutynowymi i administracyjnymi, z tego powodu są bardziej narażone na ryzyko utraty zatrudnienia niż mężczyźni.

OCHRONA PRACOWNIKÓW PRZED SKUTKAMI AUTOMATYZACJI Przeszktałenia na rynku pracy, które wynikają z AI wymagają zadbania o ochronę pracowników przed negatywnymi skutkami automatyzacji i robotyzacji, np. prawa do godziwych warunków pracy, wynagrodzenia, bezpieczeństwa. Kluczowe jest też wsparcie pracowników w przekwalifikowaniu się i dostosowaniu do nowych realiów rynku pracy, aby zminimalizować negatywne skutki transformacji.

LUKA KOMPETENCYJNA I NIEDOBÓR SPECJALISTÓW OD AI Zapotrzebowanie na specjalistów ds. AI rośnie szybciej niż podaż, zwłaszcza w branżach takich jak IT, finanse i produkcja. Wiele firm może napotkać trudności ze znalezieniem pracowników z odpowiednimi kompetencjami w zakresie AI, co może utrudniać wdrożenie nowych technologii i ograniczać rozwój firm. Dodatkowo, szybkie tempo zmian technologicznych może pogłębiać trudności z adaptacją dla pracowników i firm. Dla pracowników oznacza to konieczność stałego poszerzania wiedzy w obszarze osiągnięć technologicznych, adaptacji do zmieniającego się środowiska pracy i nowych technologii. W takich okolicznościach od pracowników będzie wymagać się rozwoju zarówno twardych kompetencji związanych z wiedzą specjalistyczną, jak i miękkich kompetencji nakierowanych na ułatwienie współpracy, komunikacji, rozwiązywania problemów czy krytycznego myślenia. Zdolność połączenia tych kompetencji oraz wysoka elastyczność i adaptacyjność pracownika wpłyną na jego pozycję zawodową i wartość na rynku pracy. Może to jawić się jako zwiększenie presji na pracownika w kontekście

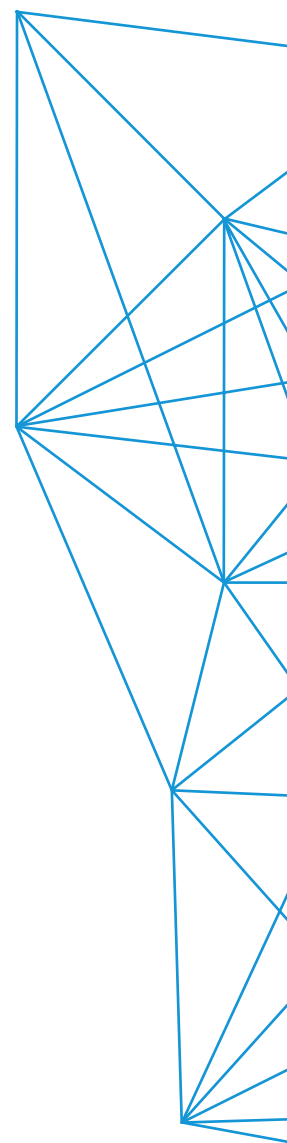
przekwalifikowania się, zarządzania czasem (również czasem wolnym). Z drugiej strony, świadomość, że praca może zostać zautomatyzowana w przyszłości, może prowadzić do poczucia niepewności zatrudnienia. Ze szczególnym niedoborem specjalistów ds. AI może mierzyć się regionalna część Mazowsza.

PRZECIĄŻENIE MOŻLIWOŚCI POZNAWCZYCH Współpraca z AI może przyspieszyć pracę, ale również wymaga nadążania za pozaludzkimi formami „inteligencji” i tempem przetwarzania danych. Zwiększenie produktywności poprzez automatyzację części czynności może pociągnąć za sobą zamiast zwiększenie ilości czasu na pozostałe, kreatywne i strategiczne zadania, zwiększenia tempa pracy. Dodatkowo inteligentne systemy stale się uczą i rozwijają, co wymaga od ludzi ciągłej adaptacji do nowych możliwości i wyzwań.

UZALEŻNIENIE OD TECHNOLOGII Nadmierne poleganie na AI może prowadzić do utraty kontroli nad procesami decyzyjnymi, a także do dehumanizacji relacji międzyludzkich i ograniczenia empatii. Przekazywanie zadań sztucznej inteligencji może prowadzić do osłabienia zdolności poznawczych, takich jak krytyczne myślenie (wobec braku potrzeby samodzielnej analizy) i kreatywność (zastąpioną poleganiem na gotowych rozwiązaniach). Ryzyka te stają się szczególnie realne w kontekście wdrażanych już obecnie systemów agentowych, mających zdolność do autonomicznego działania. W rezultacie przekazywania kontroli nad coraz większą ilością obszarów sztucznej inteligencji, możemy stopniowo tracić zdolność do samodzielnego podejmowania decyzji. Proces ten może być dodatkowo pogłębiany przez to, że coraz większym wyzwaniem staje się zrozumienie pełnego spektrum przesłanek, którymi kieruje się sztuczna inteligencja.

To zagrożenie może drastycznie się zwiększyć, jeśli ludzkości uda się osiągnąć AGI. Mimo że Ogólną Sztuczną Inteligencję wymieniamy wyżej jako szansę, nie można zapominać, że może ona również stanowić jedno z największych zagrożeń w historii ludzkości. Nie tylko z uwagi na to, że może teoretycznie zmarginalizować rolę ludzi w większości zadań, włącznie z podejmowaniem decyzji, ale także na to, że byt potencjalnie wielokrotnie inteligentniejszy od nas może okazać się trudny do opanowania, a jego cele inne od naszych. W tym kontekście kluczowe wyzwanie stanowi odpowiedzialne i bezpieczne wdrożenie AGI oraz zagwarantowanie, że potencjalna rewolucja na rynku pracy, wywołana przez AGI, przyniesie korzyści wszystkim, a nie tylko nielicznym.

WZROST NIERÓWNOŚCI SPOŁECZNYCH AI może pogłębić nierówności społeczne, jeśli dostęp do nowych technologii i szkoleń będzie ograniczony. Osoby z grup o niższym statusie społeczno-ekonomicznym mogą mieć mniejsze szanse na rozwój kompetencji w zakresie AI i skorzystanie z nowych możliwości zatrudnienia, a w konsekwencji zostać wykluczeni z rynku pracy. Taka polaryzacja w obszarze zatrudnienia może prowadzić do wzrostu nierówności dochodowych. Wzrost nierówności społecznych w wyniku rozwoju AI może być również konse-



kwencją procesów ekonomicznych i politycznych, m.in. koncentracji kapitału i technologii w rękach podmiotów technologicznych. Może prowadzić to do olbrzymiej stratyfikacji społecznej i zubożenia większości populacji. W przypadku Mazowsza w nieco lepszej pozycji do sprostania tym wyzwaniom może być stołeczna część województwa, ponieważ już obecnie stanowi obszar intensywnego wdrażania AI. Trudniejsza sytuacja społeczno-gospodarcza w obszarze regionalnym utrudnia implementację AI, a zachodzące obecnie procesy mogą te wyzwania jeszcze pogłębić.

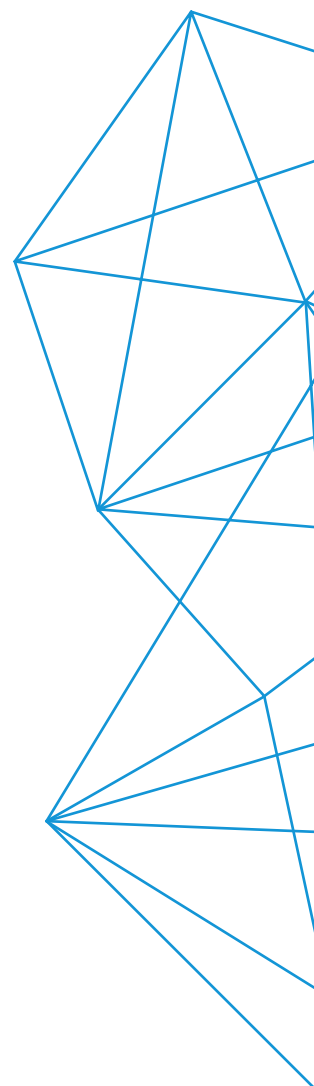
WYKLUCZENIE CYFROWE Wraz z postępującą automatyzacją i rozwojem sztucznej inteligencji, osoby starsze i mniej wykształcone mogą stać w obliczu pogłębiającego się wykluczenia cyfrowego. Ograniczony dostęp do nowoczesnych usług i urządzeń, a także brak umiejętności cyfrowych, mogą uniemożliwić im korzystanie z nowych możliwości, zarówno w życiu zawodowym, jak i społecznym. W rezultacie, osoby te mogą być marginalizowane na rynku pracy, gdzie coraz więcej stanowisk wymagać będzie kompetencji cyfrowych związanych z AI.

Co więcej, brak dostępu do informacji i edukacji na temat sztucznej inteligencji może prowadzić do poczucia wykluczenia i braku kontroli nad własnym życiem. W miarę jak AI będzie coraz bardziej wpływać na nasze codzienne życie, osoby wykluczone cyfrowo mogą czuć się coraz bardziej odłączone od społeczeństwa i pozbawione możliwości rozwoju.

WYZWANIA ETYCZNE DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA, PRYWATNOŚCI I STRONNICZOŚCI AI AI budzi obawy związane z prywatnością, bezpieczeństwem i potencjalną dyskryminacją, co może dotyczyć wszystkich branż gospodarki. Utrudniona transparentność w procesie podejmowania decyzji przez AI stwarza ryzyko dotyczące stronniczości algorytmicznej i trudności w zapewnieniu sprawiedliwego i równego traktowania wszystkich pracowników i klientów. Obawy również koncentrują się wokół zapewnienia prywatności danych i cyberbezpieczeństwa. W przypadku błędów lub niepożądanych działań inteligentnych systemów, trudno może być ustalić, kto ponosi za nie odpowiedzialność. Może to utrudnić wdrożenie technologii AI oraz kontrolę nad skutkami wprowadzenia tej technologii. Konieczne jest opracowanie jasnych zasad odpowiedzialności za działania AI, zarówno w przypadku systemów autonomicznych, jak i systemów współpracujących z ludźmi.

Ewolucja wyzwań związanych ze współpracą z inteligentnymi systemami w kontekście rozwoju AI

W obecnej fazie rozwoju sztucznej inteligencji, w której systemy koncentrują się na generowaniu treści takich jak teksty, obrazy czy muzyka, kluczowe wyzwania związane ze współpracą z tymi systemami koncentrują się na zrozumieniu

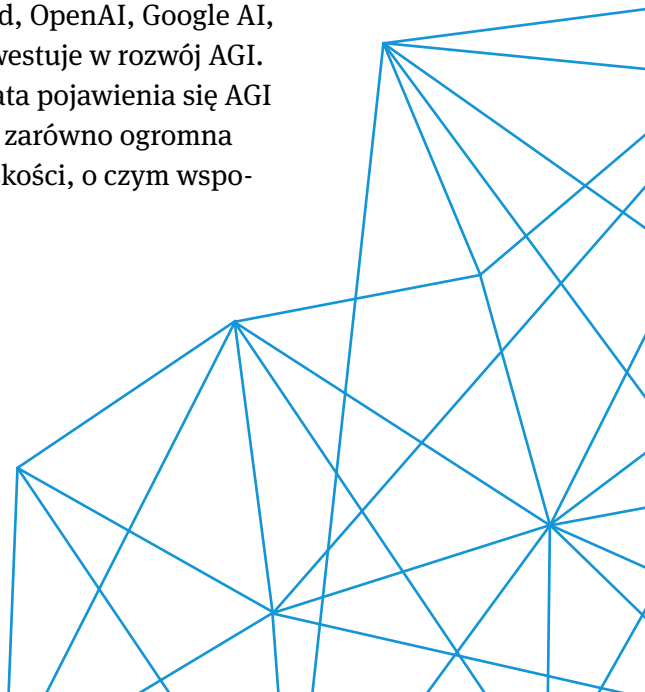


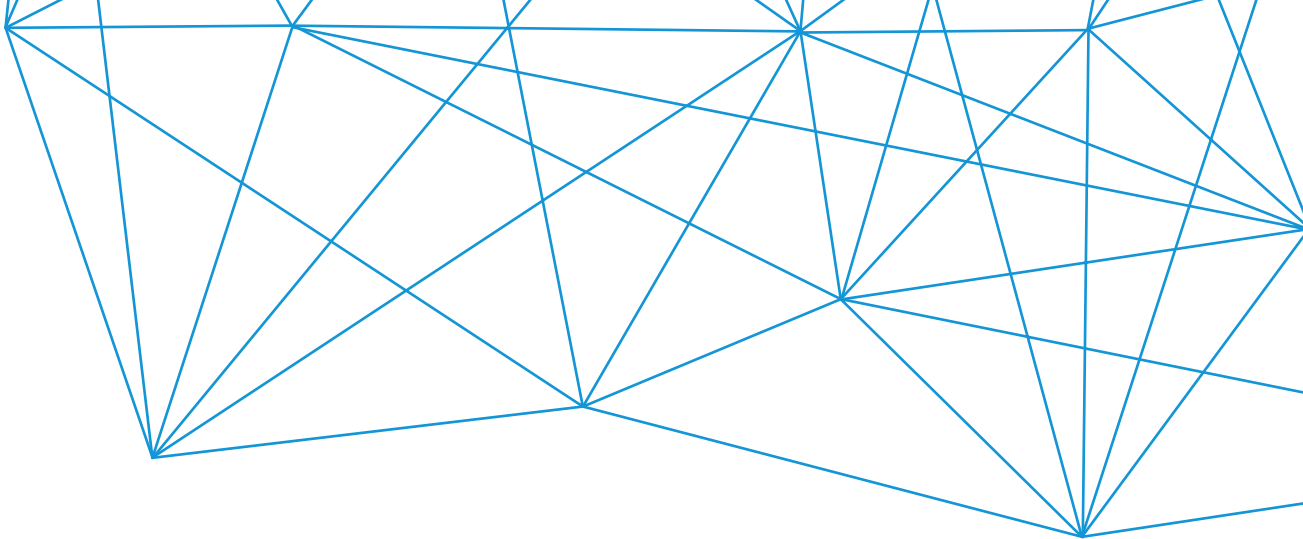
i kontrolowaniu ich działania. Modele generatywne potrafią tworzyć imponujące i kreatywne rezultaty, jednak zrozumienie, w jaki sposób dochodzą do swoich wniosków, oraz zapewnienie zgodności tych wyników z naszymi intencjami, pozostaje dużym wyzwaniem. Konieczne jest rozwijanie metod interpretacji wyników generowanych przez AI, a także mechanizmów kontroli, które pozwalają nam kierować procesem twórczym i zapewnić etyczne i odpowiedzialne wykorzystanie generowanych treści.

Wraz z rozwojem agentowej AI, dzięki której systemy będą zdolne do samodzielnego działania i podejmowania decyzji w określonym środowisku, wyzwania związane ze współpracą staną się bardziej złożone. Będziemy musieli nauczyć się komunikować z agentami AI w sposób jasny i efektywny, definiować cele i ograniczenia ich działań, a także monitorować ich postępy i reagować na nieprzewidziane sytuacje. Konieczne będzie również opracowanie mechanizmów współpracy między agentami AI a ludźmi, aby zapewnić efektywną realizację wspólnych zadań.

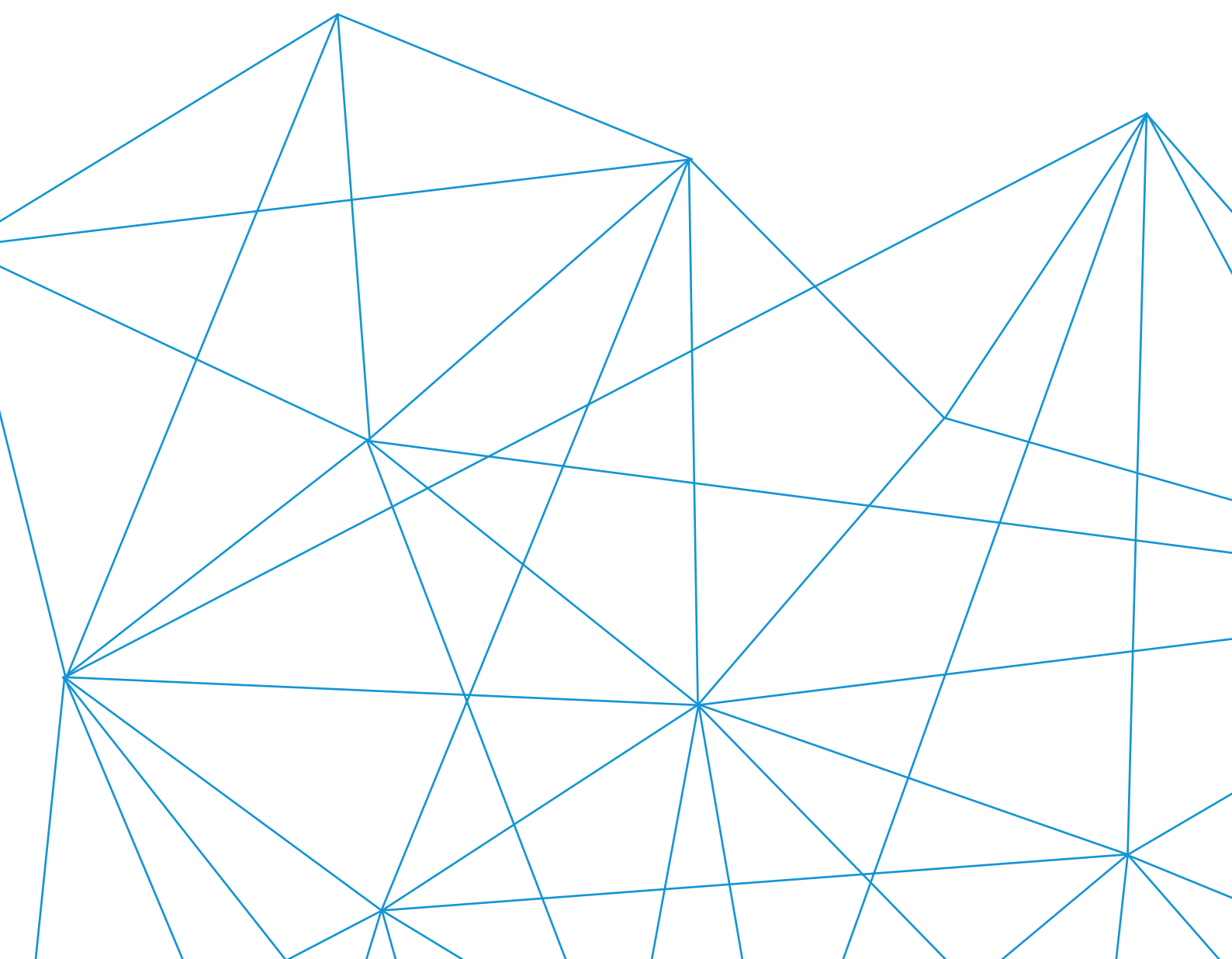
Osiągnięcie AGI, czyli sztucznej inteligencji dorównującej poziomem intelektualnym człowiekowi lub go przewyższającym, może być jednym z najbardziej przełomowych momentów w historii technologii. Współpraca z tak zaawansowanym bytem wymagałaby od nas nowego podejścia do interakcji z maszynami. Musielibyśmy dogłębnie poznać zarówno jej ogromne możliwości, jak i nieuniknione ograniczenia. Kluczowe byłoby wypracowanie innowacyjnych modeli komunikacji, które pozwoliłyby nam na płynną i efektywną współpracę z AGI, w tym dzielenie odpowiedzialności za podejmowane decyzje. Wreszcie, musielibyśmy nauczyć się ufać AGI, jednocześnie czuwając nad zgodnością jej działań z naszymi wartościami i aspiracjami.

Perspektywa pojawienia się AGI pozostaje wysoce niepewna. Szacunki dotyczące prawdopodobieństwa jej powstania są bardzo różne – od optymistycznych, zakładających, że stanie się to w perspektywie najbliższej dekady, po pesymistyczne, sugerujące, że AGI może nigdy nie powstać. Mimo to, wiele czołowych firm i instytucji badawczych na świecie, takich jak DeepMind, OpenAI, Google AI, Facebook AI Research i Microsoft Research, intensywnie inwestuje w rozwój AGI. Jednak, nawet przy tak dużym zaangażowaniu, dokładna data pojawienia się AGI pozostaje nieznana. Warto przy tym przypomnieć, że AGI to zarówno ogromna szansa, jak i potencjalne egzystencjalne zagrożenie dla ludzkości, o czym wspomnieliśmy już wcześniej.





Podsumowanie i rekomendacje



Nadejście sztucznej inteligencji to nie tylko postęp technologiczny, ale ogromna transformacyjna zmiana w niemal wszystkich aspektach funkcjonowania człowieka, która będzie miała (i już ma) przełożenie także na to, jak pracujemy. Niniejszy raport analizuje przewidywane skutki tej fali AI na województwo mazowieckie w perspektywie 2030 i 2040 roku. Analiza przeprowadzona została na podstawie badania metodą delficką, z udziałem szerokiego grona ekspertów z Polski i Europy. Badanie ujawnia, że wpływ AI będzie daleki od jednorodnego. Jawi się bardziej jako mozaika specyficznych dla sektorów oddziaływań, wywołując zarówno wzrost, jak i spadek zatrudnienia. Z jednej strony, eksperci biorący udział w badaniu spodziewają się znaczącego wzrostu zatrudnienia w sektorach, które rozwijają się dzięki wiedzy, innowacjom i złożonemu rozwiązywaniu problemów. Należą do nich „Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna”, gdzie kwitną badania i rozwój, doradztwo i specjalistyczne projektowanie; „Informacja i komunikacja”, kręgosłup gospodarki cyfrowej; „Opieka zdrowotna i pomoc społeczna”, ponieważ AI wspomaga diagnostykę medyczną i spersonalizowaną opiekę; „Działalność finansowa i ubezpieczeniowa”, gdzie algorytmiczne transakcje i ocena ryzyka redefiniują branżę; „Administracja publiczna i obrona narodowa”, z AI poprawiającą wydajność i cyberbezpieczeństwo; oraz „Edukacja”, gdzie spersonalizowane uczenie się i narzędzia oparte na AI mają potencjał przekształcić formę nauczania.

Z drugiej strony, inne sektory stoją w obliczu znacznych zakłóceń i potencjalnego spadku zatrudnienia. Co paradoksalne, niektóre z wyżej wymienionych sektorów pojawiają się również na liście sektorów, w których przewiduje się spadek zatrudnienia, co wskazuje na złożone, wieloaspektowe transformacje. Należą do nich „Działalność finansowa i ubezpieczeniowa”, „Administracja publiczna i obrona narodowa” oraz „Informacja i komunikacja”, a także dodatkowo „Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca”, narażona na automatyzację rutynowych zadań; „Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo”, gdzie rolnictwo robotyczne i precyzyjne przekształcają tradycyjne praktyki; oraz „Handel hurtowy i detaliczny”, ponieważ e-commerce i logistyka oparta na AI optymalizują łańcuchy dostaw.

Oprócz tych zmian sektorowych, przewiduje się głęboką transformację w zapotrzebowaniu na kompetencje związane z rozwojem AI. Zdolności, które do tej pory zapewniały dobrobyt, mogą nie być wystarczające w przyszłości, w której

główną rolę będzie odgrywać sztuczna inteligencja. W związku z tym, pracownicy przyszłości będą musieli rozwijać nowe umiejętności. Należą do nich zdolność do nadzorowania i skutecznej współpracy z autonomicznymi urządzeniami, zarządzania dużymi zbiorami informacji za pomocą AI i, co najważniejsze, unikalne dla ludzi umiejętności: krytyczne myślenie, złożone rozwiązywanie problemów, myślenie systemowe, zdolność adaptacji i zaangażowanie w uczenie się przez całe życie. Oczywiście, zaawansowane umiejętności IT i programowania będą miały ogromne znaczenie, ale równie ważne będzie zrozumienie etycznych implikacji AI, w połączeniu z solidnymi umiejętnościami interpersonalnymi i komunikacyjnymi oraz holistyczną perspektywą, aby poruszać się po złożonościach świata zintegrowanego z AI.

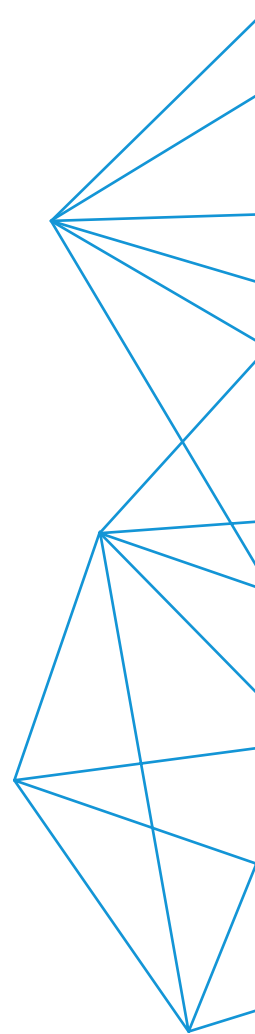
Nie ma wątpliwości co do potencjału zakłócającego AI, którą trudno obecnie postrzegać jako zmianę ewolucyjną. AI jest raczej gwałtowną i głęboko transformacyjną rewolucją, co wymaga adekwatnych reakcji. Jednak ta przemiana nie przebiegnie jednolicie w całym regionie. Obszar metropolitalny Warszawy, z jego ugruntowaną infrastrukturą, solidnym zapleczem talentów i koncentracją innowacyjnych przedsiębiorstw, jest gotowy do wykorzystania wzrostu napędzanego przez AI. Z drugiej strony, pozostałe części województwa mazowieckiego stoją w obliczu poważnych wyzwań w przyciąganiu talentów i inwestycji w AI, co potencjalnie pogłębi istniejące nierówności rozwojowe.

Na horyzoncie rysuje się znacząca luka umiejętności, ze szczególnie dotkliwym niedoborem specjalistów AI oraz w pokrewnych zawodach. Wypełnienie tej luki będzie wymagało proaktywnych i trwałych wysiłków w edukacji i rozwoju zawodowym. Ponadto przewiduje się pojawienie nowych modeli pracy, potencjalnie obejmujących skrócony tydzień pracy, napędzany zwiększoną produktywnością, którą może wyzwolić AI. Wreszcie podkreśla się krytyczne znaczenie futures literacy – kompetencji związanych z przyszłością – aby poruszać się po niepewnościach i złożoności ery napędzanej przez AI.

Podsumowując, raport kreśli przyszłość, w której AI jest nie tylko narzędziem, ale siłą transformacyjną, która głęboko przekształci rynek pracy. Chociaż utrata miejsc pracy jest realnym problemem, pewne jest też powstawanie nowych, czasami jeszcze niemożliwych do przewidzenia ról. Kluczem do pomyślnego poruszania się w tej transformacji jest zrozumienie tej dynamiki, przewidywanie przyszłych potrzeb i przygotowanie siły roboczej na wyzwania i możliwości, które czekają nas w przyszłości. Ta szczegółowa analiza posłużyła do sformułowania rekomendacji, które znajdują się poniżej.

WPROWADZENIE DOCHODU TRANSFORMACYJNEGO I INNYCH MECHANIZMÓW FINANSOWYCH

Wdrożenie mechanizmów dochodu transformacyjnego na poziomie regionalnym może złagodzić negatywne skutki transformacji technologicznej napędzanej przez AI. Programy wsparcia finan-



sowego dla osób tracących pracę z powodu automatyzacji, dofinansowanie do przekwalifikowania się, a także fundusze wspierające powstawanie nowych miejsc pracy w sektorach opartych na AI to kluczowe elementy tego rozwiązania.

WSPARCIE FINANSOWE DLA PRACODAWCÓW Zapewnienie dostępności do kapitału dla przedsiębiorstw inwestujących w technologie AI i tworzących nowe miejsca pracy jest kluczowe dla adaptacji do zmieniającego się rynku. Oznacza to konieczność stworzenia instrumentów finansowych, takich jak preferencyjne kredyty, granty, fundusze venture capital, skierowanych specjalnie do firm rozwijających lub wdrażających rozwiązania AI. Ważne jest również ułatwienie dostępu do rynku kapitałowego dla startupów z sektora AI, np. poprzez programy akceleratorów i doradztwo inwestycyjne. Takie działania pobudzą innowacyjność i przyczynią się do powstawania nowych miejsc pracy w dynamicznie rozwijającym się sektorze AI.

WPROWADZENIE UNIWERSALNEGO DOCHODU PODSTAWOWEGO JAKO POTENCJALNEGO ROZWIĄZANIA DŁUGOFALOWEGO W obliczu potencjalnych, głębokich przemian modelu pracy i transformacji sposobu jej wykonywania, wprowadzenie uniwersalnego dochodu podstawowego (UBI) może okazać się wartym rozważenia rozwiązaniem w perspektywie 2040 roku. UBI to koncepcja regularnych wypłat określonej sumy pieniędzy dla wszystkich obywateli, bez warunków związanych z dochodem czy zatrudnieniem. Takie rozwiązanie może zapewnić podstawowe zabezpieczenie finansowe w czasie głębokich zmian na rynku pracy, dając ludziom czas i możliwości na przekwalifikowanie się i adaptację do nowych wyzwań, a docelowo wspomóc wdrażanie alternatywnych modeli pracy (jak 3 – czy 4-dniowy tydzień pracy) w celu absorpcji całej dostępnej siły roboczej na rynku. Wdrożenie pilotażowych programów UBI na Mazowszu pozwoliłoby na zebranie danych i ocenę skuteczności tego rozwiązania w lokalnym kontekście, a także przetestowanie różnych modeli UBI i ich wpływu na rynek pracy.

INTEGRACJA AI Z SYSTEMEM EDUKACJI Konieczne jest strategiczne zintegrowanie AI z systemem edukacji na Mazowszu, wykraczające poza proste wprowadzenie wiedzy o AI do programów nauczania. Należy skoncentrować się na rozwoju kompetencji przyszłości, takich jak krytyczne myślenie, rozwiązywanie problemów, kreatywność i umiejętność uczenia się przez całe życie, które będą niezbędne w świecie kształtowanym przez AI. Na poziomie szkolnictwa wyższego, istotne jest promowanie interdyscyplinarności i nauczania opartego na projektach, aby przygotować studentów do pracy w zróżnicowanych i dynamicznych środowiskach. Ułatwienie łączenia pracy z nauką poprzez elastyczne tryby studiowania i współpracę z firmami z sektora AI pozwoli studentom zdobywać praktyczne doświadczenie i budować sieć kontaktów zawodowych.

W szkolnictwie ogólnym należy wprowadzać elementy myślenia komputacyjnego i programowania już od najmłodszych lat, a także uczyć świadomego i krytycznego korzystania z technologii AI. Ważne jest również zapewnienie nauczycielom

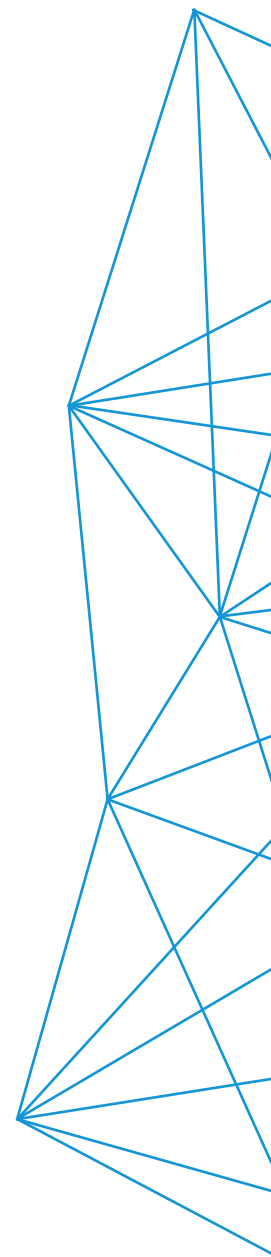
odpowiednich szkoleń i narzędzi do efektywnego wykorzystania AI w procesie nauczania. Rozwój platform edukacyjnych opartych na AI może pomóc w personalizacji procesu nauczania i dostosowaniu go do indywidualnych potrzeb uczniów. Należy także uwzględnić aspekty etyczne i społeczne związane z AI, takie jak prywatność danych, algorytmiczne uprzedzenia i wpływ AI na życie społeczne. Edukacja w tym zakresie powinna być integralną częścią programów nauczania na wszystkich poziomach.

INKLUZYWNE WŁĄCZENIE SENIORÓW W ERZE AI I DŁUGOWIECZNOŚCI

Inkluzywne włączenie seniorów w świat AI i na rynek pracy staje się kluczowe dla zapewnienia im aktywnego i satysfakcjonującego życia. Aby seniorzy mogli w pełni korzystać z potencjału technologii AI, konieczne jest zapewnienie im solidnych podstaw w zakresie kompetencji cyfrowych. Oznacza to stworzenie programów szkoleniowych i edukacyjnych dostosowanych do ich potrzeb, umożliwiających im nabycie umiejętności obsługi komputerów, smartfonów i innych urządzeń, a także zrozumienie podstawowych zasad funkcjonowania internetu i narzędzi cyfrowych. Na tej bazie można budować dalsze kompetencje związane z AI, takie jak korzystanie z asystentów głosowych, aplikacji mobilnych czy platform e-learningowych.

Ważne jest również promowanie międzypokoleniowej współpracy i mentoringu, aby seniorzy mogli uczyć się od młodszych pokoleń, a jednocześnie dzielić się swoją wiedzą i doświadczeniem. Rozwój technologii asystujących i rozwiązań AI wspierających seniorów w życiu codziennym może pomóc im w utrzymaniu niezależności i aktywności przez dłuższy czas. W perspektywie rosnącej długowieczności, włączenie seniorów w świat AI staje się inwestycją w ich przyszłość i w przyszłość społeczeństwa, a także sposobem na budowanie bardziej spójnego i inkluzywnego społeczeństwa.

ROZWIJANIE REGIONALNEJ WSPÓŁPRACY W ZAKRESIE AI Współpraca regionalna między krajami Europy Środkowo-Wschodniej w dziedzinie AI może stać się katalizatorem innowacji i rozwoju gospodarczego, ale wymaga przełamania istniejących barier i budowania zaufania. Wspólne projekty badawczo-rozwojowe, wymiana wiedzy i doświadczeń, a także współpraca w zakresie kształcenia specjalistów ds. AI mogą przyczynić się do szybszego i bardziej efektywnego wdrażania tej technologii w regionie. Jednak konieczne jest stworzenie sprzyjających warunków dla takiej współpracy, takich jak wspólne platformy wymiany informacji, programy wsparcia finansowego dla projektów międzynarodowych i ułatwienia w zakresie mobilności naukowców i studentów. Ważne jest również uwzględnienie specyfiki poszczególnych krajów i regionów, tak aby współpraca regionalna była komplementarna i przynosiła korzyści wszystkim stronom. Współpraca regionalna może również ułatwić pozyskiwanie funduszy na innowacje z różnych źródeł, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, a także wzmocnić pozycję regionu na globalnej mapie innowacji w dziedzinie AI.



WERYFIKACJA STRATEGII WOJEWÓDZTWA Z WYKORZYSTANIEM METOD FORESIGHTOWYCH

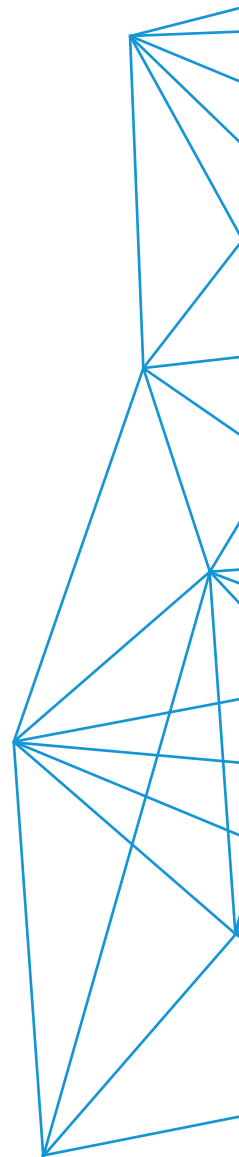
Szybki rozwój i transformatywny charakter sztucznej inteligencji wymagają zweryfikowania strategii rozwoju województwa mazowieckiego pod kątem wyzwań i szans związanych z tą technologią. Warto w tym celu rozważyć wykorzystanie metod foresightowych, które pozwalają na opracowanie strategii adaptacyjnych, uwzględniających szereg nieoczywistych szans i zagrożeń. Szczególnie cenne jest zastosowanie scenariuszy przyszłości, które umożliwiają rozważenie różnych możliwych ścieżek rozwoju AI i ich wpływu na region. Metody foresightowe pozwalają na przewidywanie długoterminowych trendów i zmian, co pozwala na opracowanie bardziej elastycznych i odpornych na zmiany strategii. W przypadku AI, foresight może pomóc w zidentyfikowaniu potencjalnych korzyści i zagrożeń związanych z tą technologią, a także w określeniu kluczowych obszarów interwencji politycznej. Prace powinny angażować ekspertów z różnych dziedzin, aby zapewnić interdyscyplinarne podejście do analizy i interpretacji wyników. Taki proces pozwoli na uwzględnienie różnych perspektyw i opracowanie bardziej kompleksowych i zrównoważonych strategii rozwoju województwa w erze AI.

WPROWADZENIE PROGRAMÓW PARTNERSTWA MIĘDZY FIRMAMI TECHNOLOGICZNYMI A SAMORZĄDAMI

W celu promowania rozwoju technologicznego i gospodarczego województwa mazowieckiego, warto rozważyć wdrożenie programu partnerstw między firmami technologicznymi a samorządami, szczególnie tymi poza Warszawą, opartych na wzajemnych zobowiązaniach i korzyściach. W ramach programu, firmy technologiczne otrzymałyby wsparcie w postaci ulg podatkowych, dostępu do infrastruktury i gruntów inwestycyjnych, a także pomoc w rekrutacji i szkoleniu pracowników. W zamian, firmy zobowiążą się do tworzenia wysokiej jakości miejsc pracy poza Warszawą, inwestowania w rozwój lokalny i współpracy z lokalnymi społecznościami. Program powinien zawierać mechanizmy monitorowania realizacji zobowiązań przez firmy oraz platformę dialogu między biznesem a społecznościami lokalnymi. Takie partnerstwo może przyczynić się do rozwoju gospodarczego regionu, tworzenia nowych miejsc pracy i poprawy jakości życia mieszkańców.

STYMULOWANIE LOKALNYCH SPECJALIZACJI AI W celu wzmocnienia pozycji Mazowsza na mapie innowacji w dziedzinie AI, warto rozważyć wdrożenie programu wspierającego rozwój klastrów i specjalizacji w obszarach AI, które mają potencjał wzrostu. Program powinien obejmować dofinansowanie badań naukowych i prac rozwojowych w tych obszarach, tworzenie centrów kompetencji skupiających ekspertów i przedsiębiorców, a także promocję regionu w celu przyciągnięcia inwestycji w sektor AI. Rozwój lokalnych specjalizacji AI przyczyni się do wzrostu konkurencyjności gospodarki regionu i tworzenia wysokiej jakości miejsc pracy.

WPROWADZENIE ZIELONYCH MIKROSPECJALIZACJI Aby połączyć transformację technologiczną z rozwojem zrównoważonym, warto rozważyć wdrożenie



programu zielonych mikrospecjalizacji, który będzie wspierał powstawanie lokalnych projektów z zakresu AI w rolnictwie precyzyjnym, energetyce odnawialnej i gospodarce obiegu zamkniętego. Program powinien obejmować system mikrograntów dla innowacyjnych projektów, wsparcie eksperckie w zakresie AI i zrównoważonego rozwoju, a także platformę wymiany doświadczeń między projektami. Zielone mikrospecjalizacje mogą przyczynić się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań w ważnych dla regionu obszarach, a także stworzą nowe ścieżki kariery łączące kompetencje cyfrowe z wiedzą o zrównoważonym rozwoju.

WSPARCIE DLA HUBÓW INNOWACYJNYCH USŁUG Rozwój AI wpływa na zmieniającą się formułę zadań i strukturę rynku pracy, tworząc nowe możliwości w sektorze usług. Warto wspierać powstawanie hubów innowacyjnych usług na Mazowszu, które będą skupiać się na projektowaniu i wdrażaniu nowych, bardziej wyrafinowanych i złożonych usług, odpowiadających na zmieniające się potrzeby społeczeństwa.

Huby te powinny pełnić rolę centrów kompetencji w zakresie service design, skupiając ekspertów z różnych dziedzin, takich jak projektowanie, psychologia, socjologia, informatyka i biznes. Współpraca między nimi pozwoli na holistyczne podejście do projektowania usług, uwzględniające aspekty technologiczne, społeczne i ekonomiczne.

Huby innowacyjnych usług powinny również współpracować z lokalnymi przedsiębiorstwami i instytucjami, aby wspierać wdrożenie nowych modeli usług i tworzenie innowacyjnych rozwiązań. Takie podejście pozwoli na wzmocnienie regionalnej gospodarki i poprawę jakości życia mieszkańców Mazowsza.

WSPARCIE ROZWOJU TERENÓW WIEJSKICH Z WYKORZYSTANIEM

AI Wsparcie rozwoju terenów wiejskich poprzez promowanie i dofinansowanie wykorzystania AI w rolnictwie precyzyjnym (drony, sensory, oprogramowanie do analizy danych), pozwoli na optymalizację upraw, zwiększenie wydajności i ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko. Równocześnie, należy zachęcać do rozwoju innych sektorów, które mogą skorzystać z AI, np. turystyka (personalizacja ofert, chatboty), logistyka (optymalizacja tras, autonomiczne pojazdy), energetyka odnawialna (prognozowanie produkcji, inteligentne sieci). Zapewnienie mieszkańcom terenów wiejskich dostępu do szybkiego internetu jest kluczowe, podobnie jak organizacja szkoleń z zakresu technologii cyfrowych i AI, dostosowanych do potrzeb różnych grup wiekowych i zawodowych. Należy również promować modele pracy zdalnej, co pozwoli na przyciągnięcie specjalistów z branży AI i tworzenie nowych miejsc pracy na terenach wiejskich.

AKTYWIZACJA POPRZEC PROCESY PARTYCYPACYJNE ZWIĄZANE Z IMPLEMENTACJĄ AI W STRUKTURĘ SPOŁECZNO-GOSPODARCZĄ

Stworzenie platformy do dyskusji na temat wpływu AI na rynek pracy i spo-

łączeństwo, z udziałem ekspertów, przedstawicieli biznesu i mieszkańców. Organizowanie warsztatów i szkoleń z zakresu AI dla różnych grup społecznych, w tym dla osób starszych, bezrobotnych i mieszkańców terenów wiejskich. Wspieranie oddolnych inicjatyw obywatelskich związanych z wykorzystaniem AI, np. projekty edukacyjne, aplikacje społeczne, rozwiązania dla osób z niepełnosprawnościami.

UTWORZENIE MECHANIZMU STAŁEGO WSPARCIA TRANSFORMACJI ZAWODOWEJ

Stworzenie kompleksowego stałego systemu wsparcia w przechodzeniu pomiędzy zawodami, który obejmuje zatrudnienie doradców zawodowych. Doradcy ci będą pomagać pracownikom w identyfikacji ich mocnych stron, planowaniu ścieżki kariery, wyborze odpowiednich szkoleń i znalezieniu nowej pracy. System powinien również udzielać dofinansowań na przekwalifikowanie się i podnoszenie kompetencji w obszarze AI, w tym na kursy, studia podyplomowe i certyfikaty. Istotna jest współpraca z firmami wdrażającymi AI w celu identyfikacji potrzebnych kompetencji i tworzenia programów stażowych, umożliwiających zdobycie praktycznego doświadczenia. Osoby zmieniające zawód powinny mieć zapewnione wsparcie psychologiczne, ponieważ mogą odczuwać stres i niepewność związane z nową sytuacją.

PROMOWANIE NOWYCH MODELI PRACY Wprowadzenie pilotażowych programów 4-dniowego tygodnia pracy w wybranych instytucjach i firmach, aby zbadać wpływ na produktywność i dobrostan pracowników. Promowanie elastycznych form zatrudnienia, takich jak praca zdalna, hybrydowa i skrócony tydzień pracy, aby umożliwić pracownikom lepsze pogodzenie życia zawodowego z prywatnym. Promowanie kultury pracy zorientowanej na wyniki, a nie na czas spędzony w pracy, aby zachęcić do efektywnego wykorzystania czasu i inwestowania w rozwój kompetencji.



Spodziewana transformacja rynku pracy w województwie mazowieckim pod wpływem sztucznej inteligencji to proces dynamiczny i wielowymiarowy, niosący ze sobą zarówno szanse, jak i wyzwania. Niepewności z nimi związane wymagać będą od nas ciągłej adaptacji i gotowości do zmian. Kluczowe znaczenie będzie miało zatem inwestowanie w rozwój kompetencji, wspieranie innowacji i budowanie inkluzywnego społeczeństwa, potrafiącego efektywnie i odpowiedzialnie współpracować z inteligentnymi systemami. Na poziomie administracji niezbędne jest zaś proaktywne podejście, oparte na partnerstwie, edukacji i innowacjach, aby zapewnić, że region wykorzysta potencjał AI, minimalizując jednocześnie jej negatywne skutki – tak, aby świadomie budować przyszłość, w której technologia efektywnie służy społeczeństwu regionu.



Aneks metodologiczny

Ogólny opis przebiegu badania

Proces badawczy przebiegał w siedmiu następujących po sobie etapach realizowanych przez okres sześciu tygodni. Badanie rozpoczęło się analizą danych zastanych (desk research), w toku której zidentyfikowane zostały najważniejsze trendy oraz potencjalne zmiany na światowym/europejskim rynku pracy związane ze sztuczną inteligencją perspektywie do 2040 roku. Trendom i zmianom na rynkach przypisane zostały kompetencje i kwalifikacje wymagane na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji na jej kolejnych etapach rozwoju, tj. generatywna AI, agentowa AI oraz autonomiczne systemy i AI zdolna do symulacji nieproceduralnych umiejętności. Zidentyfikowane zostały obszary gospodarki, w których sztuczna inteligencja jest już obecna oraz tych, które są najbardziej podatne na jej wdrożenie. Powstała również lista kluczowych branż województwa mazowieckiego wyróżnionych w ramach w dokumentów strategicznych oraz diagnostycznych UMWM oraz WUP w Warszawie, z którą porównane zostały zidentyfikowane obszary gospodarki.

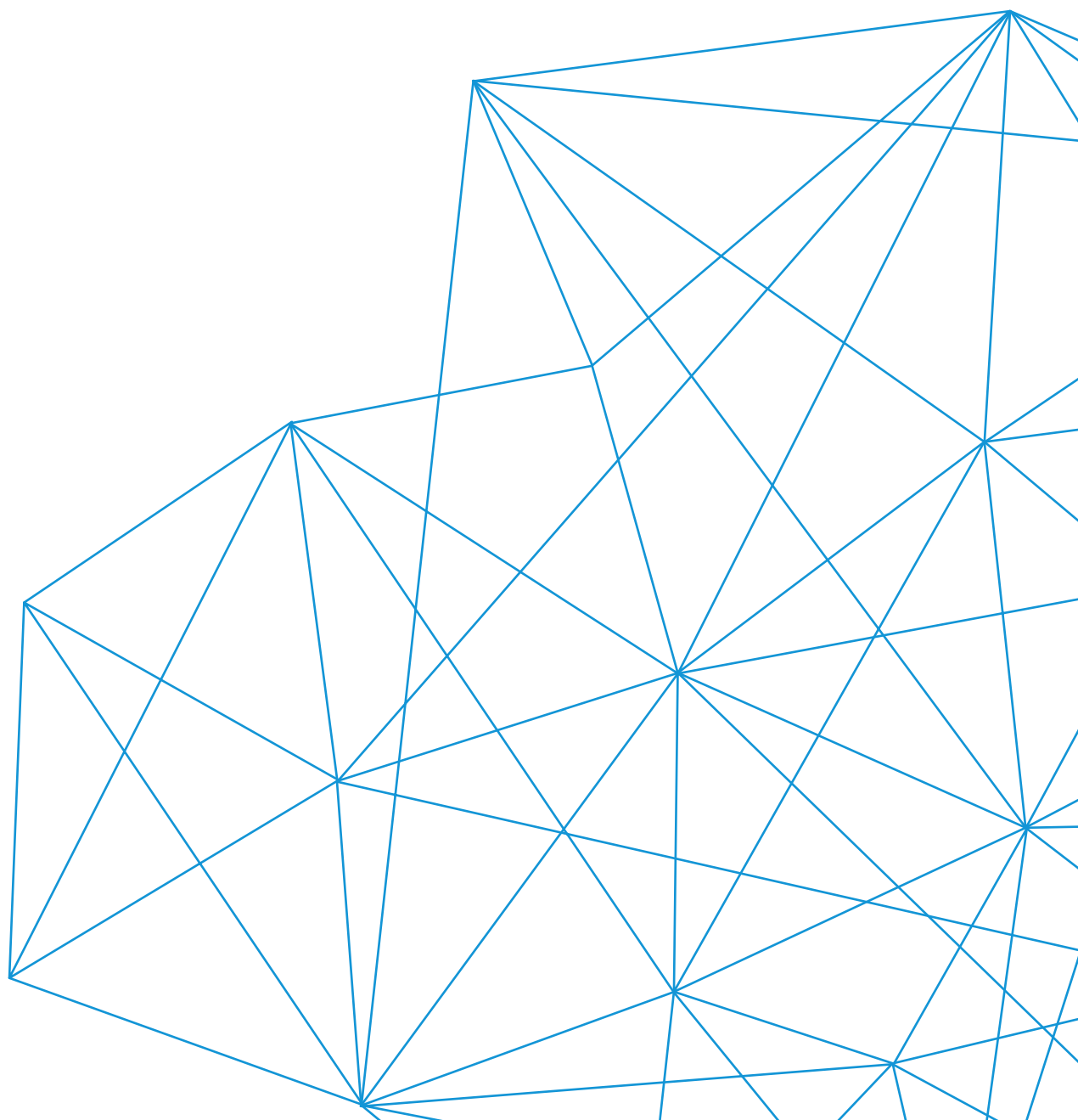
Wyniki analizy posłużyły jako wkład do sformułowania tez delfickich do badań delfickich w czasie rzeczywistym realizowanych w kolejnym etapie procesu badawczego. W pierwszym badaniu delfickim międzynarodowi eksperci w dziedzinie przyszłości rynku pracy i sztucznej inteligencji oszacowali prawdopodobieństwo utrzymania się zidentyfikowanych trendów i/lub zajścia wybranych zmian na światowym/europejskim rynku pracy w kontekście AI w perspektywie 2030 i 2040. Zwalidowana została też lista kompetencji i kwalifikacji wymaganych na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji na jej kolejnych etapach rozwoju zidentyfikowana w toku analizy desk research. Drugie badanie delfickie, zrealizowane pośród ekspertów i interesariuszy rynku pracy na Mazowszu posłużyło określeniu spodziewanej siły oddziaływania zidentyfikowanych trendów i zmian na rynek mazowiecki w kontekście sztucznej inteligencji w perspektywie 2030 i 2040. Eksperci mazowieccy również zwalidowali listę kompetencji i kwalifikacji.

W oparciu o rezultaty badań delfickich zespół 4CF przeprowadził analizę prawdopodobieństwa i wpływu (prob/imp), w toku której wyłoniono trendy i zmiany (sygnały zmian), które z wysokim prawdopodobieństwem kształtować będą mazowiecki rynek pracy w kontekście sztucznej inteligencji w 2030 i 2040 roku. Jednocześnie określone zostały trendy i zmiany, których oczekiwany wpływ na

Mazowsze był niższy, jednak na tyle zauważalny, że warto poddać dalszej analizie zasadność podjęcia działań na rzecz dostosowania w regionie kompetencji im odpowiadających. Analiza ta była zrealizowana w kolejnym etapie badania, na którym przeprowadzona została ocena perspektyw i wyzwań związanych z zapotrzebowaniem na kompetencje i kwalifikacje pracowników w województwie mazowieckim w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji.

Proces badawczy zwięźczyła synteza i interpretacja zgromadzonych informacji oraz wyników przeprowadzonych analiz. Sformułowane zostały wnioski i rekomendacje z badania odpowiadające określonym na wstępie celom.

W kolejnych punktach przedstawiono bardziej szczegółowe informacje nt. przebiegu procesu badawczego.



Analiza danych zastanych

Celami pośrednimi analizy desk research były: identyfikacja obszarów gospodarki i branż, w których sztuczna inteligencja jest już obecna, oraz tych, które są najbardziej podatne na jej wdrożenie; identyfikacja branż województwa mazowieckiego wyróżnionych w ramach dokumentów strategicznych oraz diagnostycznych UMWM oraz WUP w Warszawie; wskazanie kompetencji i kwalifikacji wymaganych na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji na jej kolejnych etapach rozwoju; wskazanie trendów oraz potencjalnych zmian na światowym/europejskim rynku pracy związanych ze sztuczną inteligencją.

Na potrzeby badania przyjęto rozumienie oraz typologię kompetencji sformułowaną przez Europejskie Centrum Rozwoju Kształcenia Zawodowego (CEDEFOP). Podejście to opiera się na szerokim ujęciu kompetencji zawodowych jako zespołu posiadanej wiedzy, umiejętności oraz postaw i zachowań adekwatnych do wykonywanych obowiązków zawodowych. Według typologii CEDEFOP na kompetencje składają się trzy współzależne obszary kompetencyjne:

- ▶ Kompetencje kognitywne (wiedza),
- ▶ Kompetencje funkcjonalne (umiejętności),
- ▶ Kompetencje społeczne (uzdolnienia oraz postawy i zachowania wykazywane w kontekście zawodowym).

Przyjęcie tego podejścia w badaniu uzasadniała jego uniwersalność, powszechność stosowania oraz względy praktyczne. Za tymi ostatnimi przemawia fakt, że klasyfikacja CEDEFOP wraz z ośmiostopniową skalą poziomu kompetencji legła u podstaw zarówno Europejskiej, jak i wywodzącej się z niej Polskiej Ramy Kwalifikacji.

W toku analizy desk research przeanalizowano 75 źródeł danych, w tym: aktualne raporty z analiz scenariuszowych, badań oraz prognoz dotyczących przyszłości rynków pracy w kontekście AI (raporty międzynarodowe, europejskie, krajowe, regionalne), aktualne dokumenty strategiczne dotyczące zagadnień rynku pracy w kontekście AI (światowe, europejskie, krajowe, regionalne), publikacje naukowe (w ogólnym dostępie) oraz popularno-naukowe dotyczące zagadnień związanych ze zmianami na rynku pracy w kontekście AI, polskie i zagraniczne

serwisy informacyjne, branżowe i hobbystyczne (jako źródło słabych sygnałów zmian zachodzących na rynkach pracy w kontekście AI), których pełna lista znajduje się w bibliografii do raportu. Na tej podstawie zestawiono listę trendów rynkowych i zmian oraz listę kompetencji i umiejętności związanych z rozwojem AI, na które modyfikowany może być popyt. Szczegółowa lista trendów, zmian i kompetencji przekazana została Zamawiającemu.

TABELA 1

Lista branż województwa mazowieckiego według sektorów PKD przypisana do Obszarów Inteligentnej Specjalizacji.

Sektory PKD	Obszary Inteligentnej Specjalizacji			
	BEZY	INSPI	NEKO	WOJAŻ
A – Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo	x			
B – Górnictwo i wydobywanie				
C – Przetwórstwo przemysłowe	x	x		
D – Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę		x	x	
E – Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją			x	
F – Budownictwo		x		
G – Handel hurtowy i detaliczny	x		x	
H – Transport i gospodarka magazynowa	x	x		
I – Działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi	x			
J – Informacja i komunikacja		x	x	
K – Działalność finansowa i ubezpieczeniowa			x	
L – Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości			x	
M – Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	x	x	x	
N – Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca			x	
O – Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne				x
P – Edukacja				x
Q – Opieka zdrowotna i pomoc społeczna				x
R – Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją			x	x
S – Pozostała działalność usługowa			x	

BEZY

Bezpieczna żywność

INSPIInteligentne systemy
w przemyśle i infrastrukturze**NEKO**Nowoczesny ekosystem
biznesowy**WOJAŻ**

Wysoka jakość życia

Badanie delfickie w czasie rzeczywistym z udziałem ekspertów europejskich

Celami pośrednimi tego etapu było: określenie prawdopodobieństwa utrzymania trendów i/lub realizacji potencjalnych zmian w kontekście sztucznej inteligencji zidentyfikowanych w analizie desk research na światowym/europejskim rynku pracy w perspektywie 2030 i 2040; zwalidowanie listy kompetencji i kwalifikacji wymaganych na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji na jej kolejnych etapach rozwoju.

Eksperci uczestniczący w badaniu proszeni zostali o ocenę prawdopodobieństwa realizacji 15 tez delfickich odnoszących się do światowego/europejskiego rynku pracy w perspektywie 2030 i 2040 roku. Tezy te sformułowane zostały w oparciu o wyniki analizy desk research przeprowadzonej na wcześniejszym etapie procesu badawczego. Ocena prawdopodobieństwa polegała na udzieleniu odpowiedzi na polecenie o treści: „Proszę ocenić na skali od 0 do 10 prawdopodobieństwo, że teza stanie się prawdziwa, gdzie 0 oznacza zupełnie niemożliwe, zaś 10 oznacza całkowicie pewne (tłumaczenie)”. W drugim pytaniu eksperci zostali poproszeni o wskazanie sektorów gospodarki, w których zmiana zawarta w tezie będzie najsilniej odczuwalna w Europie. W trzecim pytaniu eksperci określili kompetencje i kwalifikacje, na które zapotrzebowanie może wzrosnąć w wyniku zmian wywołanych przez zjawisko opisane w tezie.

Uczestnikami badania byli międzynarodowi eksperci w dziedzinie przyszłości rynku pracy i sztucznej inteligencji. Badanie odbyło się w języku angielskim. Grupa ekspertów uczestniczących w badaniu wyłoniona została metodą doboru celowego mającego na uwadze zapewnienie udziału w badaniu grupy ekspertów dysponujących: doświadczeniem praktycznym i teoretycznym z zakresu studiów nad przyszłością, rynku pracy, sztucznej inteligencji i/lub zagadnień związanymi z czynnikami zmian poruszonymi w tezach delfickich oraz zróżnicowanymi punktami widzenia na badane tezy wynikającymi z różnic w zakresie specjalizacji i doświadczenia.

Badanie zrealizowane zostało metodą badania delfickiego w czasie rzeczywistym na platformie badań delfickich 4CF HalnyX. Właściwe badanie poprzedzone zostało krótkim pilotażem, który zweryfikował prawidłowe przygotowanie formularza pod względem merytorycznym i technicznym. Eksperci otrzymali dane logowania na platformie delfickiej 4CF HalnyX, gdzie mogli logować się

wielokrotnie w toku trwania badania w celu dokonania oceny tez delfickich oraz uzasadnienia swojego stanowiska w komentarzu. W toku badania eksperci na bieżąco informowani byli o średnim szacowanym prawdopodobieństwie danej tezy ocenianej w badaniu oraz o tym, czy ich odpowiedzi znacznie różnią się od odpowiedzi pozostałych członków grupy. W dowolnym momencie mogli zmienić swoją ocenę i/lub dodać kolejny komentarz z uzasadnieniem swojego stanowiska.

Badanie delfickie skonstruowane zostało w sposób pozwalający zapewnić anonimowość ekspertów w stosunku do pozostałych osób uczestniczących w badaniu. Podniosło to znaczenie merytorycznej argumentacji w toku badania względem autorytetu zawodowego, stereotypowej interpretacji cech osobniczych i innych czynników o charakterze personalnym. Nad przebiegiem badania czuwał zespół 4CF gotowy udzielić ekspertom wsparcia merytorycznego i technicznego.

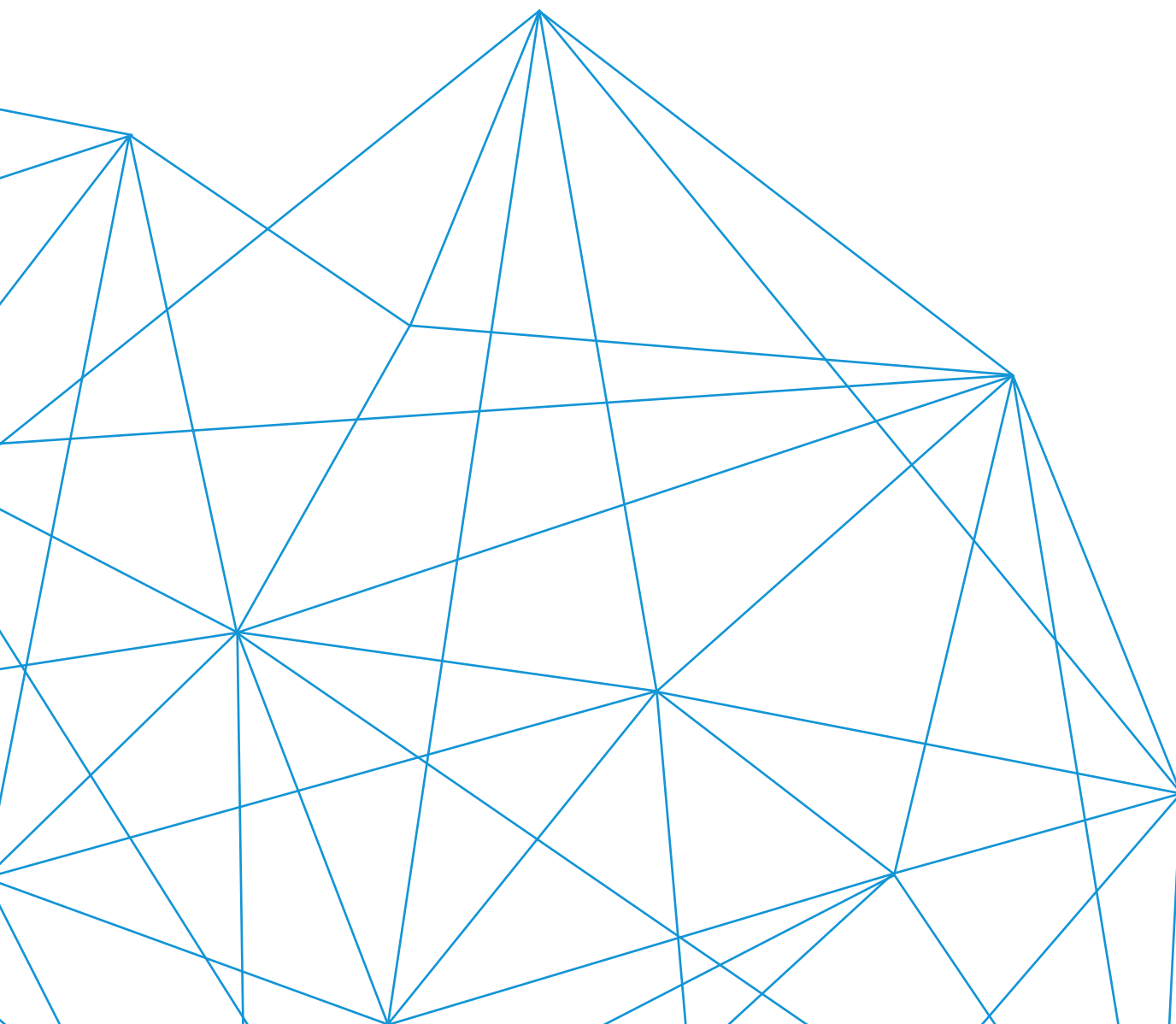
Badanie trwało 25 listopada do 22 grudnia 2024 roku. Tezy oceniło 14 ekspertów. Sformułowano 45 komentarzy.

TABELA 2

Lista tez delfickich w badaniu delfickim dla ekspertów europejskich (tłumaczenie) wraz z oceną prawdopodobieństwa i wartością odchylenia standardowego.

Nr	Treść tezy	Prawdopodobieństwo	Odchylenie standardowe
1	W 2040 roku co najmniej połowa europejskich firm produkcyjnych zautomatyzowała przynajmniej częściowo proces podejmowania decyzji, wykorzystując systemy AI.	7.5	2.4
2	Do 2040 roku co najmniej 25% miejsc pracy w sektorze produkcyjnym w Europie zostało zastąpionych przez roboty i systemy AI.	6.7	2.4
3	W 2040 roku coboty (roboty współpracujące z ludźmi) są powszechne w europejskim przemyśle i usługach, wykonując przynajmniej połowę zadań manualnych.	5.1	3.0
4	W 2030 roku co najmniej połowa firm w Europie wykorzystuje AI do optymalizacji procesów logistycznych i zarządzania łańcuchem dostaw.	6.9	2.7
5	W 2030 roku co najmniej jedna trzecia firm w Europie wykorzystuje AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników.	7.6	1.5
6	W 2030 roku ponad połowa działań związanych z obsługą klienta w Europie odbywa się poprzez chatboty i wirtualnych asystentów.	6.7	2.7
7	W 2030 roku w co najmniej połowie firm w Europie istnieje stanowisko związane z cyberbezpieczeństwem.	6.7	2.8
8	W 2030 roku co najmniej połowa zadań administracyjnych w firmach w Europie jest zautomatyzowana.	5.4	2.4
9	W 2040 roku struktura organizacyjna w firmach w Europie uwzględnia zarówno role dla ludzi, jak i dla systemów AI, wykorzystując ich uzupełniające się kompetencje.	6.8	2.6

Nr	Treść tezy	Prawdopodobieństwo	Odchylenie standardowe
10	W 2040 roku w Europie popyt na pracowników z wyższym wykształceniem jest niższy niż w 2024 roku.	3.6	3.0
11	W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi w Europie co najmniej 20%.	3.2	1.9
12	Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI w Europie powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych.	3.6	2.4
13	W 2030 roku AI jest istotnym wsparciem dla procesów badawczo-rozwojowych w firmach i instytucjach w Europie.	7.3	2.7
14	W 2040 roku AI wzmacnia elastyczność i zdolność adaptacji firm, dzięki czemu są lepiej zdolne do szybkiego reagowania na zmiany zachodzące na rynku i dostosowywanie działalności do zmian otoczenia.	5.9	3.0
15	W 2040 roku w europejskim sektorze usługowym podaż pracy jest zdecydowanie niższa niż obecnie.	5.3	2.3



Badanie delfickie w czasie rzeczywistym z udziałem ekspertów mazowieckich

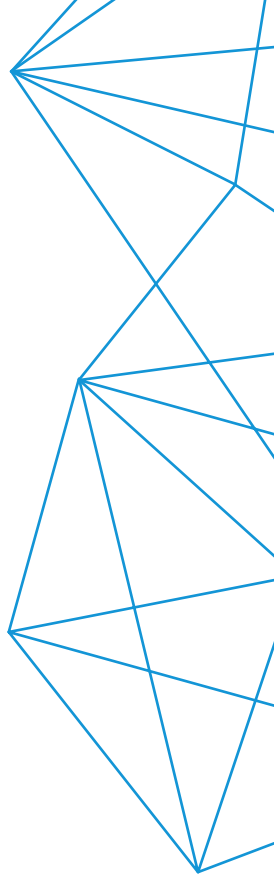
Celami pośrednimi tego etapu było: określenie siły wpływu zidentyfikowanych w badaniu desk research oraz badaniu delfickim trendów i zmian zachodzących na świecie/w Europie na mazowiecki rynek pracy w kontekście sztucznej inteligencji w perspektywie 2030 i 2040; zwalidowanie listy kompetencji i kwalifikacji wymaganych na stanowiskach pracy związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji na jej kolejnych etapach rozwoju.

Interesariusze i eksperci uczestniczący w badaniu poproszeni zostali o ocenę siły wpływu 15 tez na mazowiecki rynek pracy przy założeniu ich prawdziwości. Tezy te sformułowane zostały w oparciu o wyniki analizy desk research przeprowadzonej na wcześniejszym etapie procesu badawczego.

Uczestnicy badania proszeni byli o ocenę siły wpływu 15 trendów oraz zmian o charakterze nieciągłości na mazowiecki rynek pracy przy założeniu, że obejmą one rynek europejski w perspektywie 2030 i 2040 roku. Ocena siły wpływu polegała na udzieleniu odpowiedzi na polecenie o treści: „Zakładając, że powyższa teza jest prawdziwa, proszę ocenić na skali od 0 do 10, w jak dużym stopniu zmieni się w jej wyniku rynek pracy na Mazowszu względem roku 2024 (gdzie 0 oznacza brak wpływu, a 10 ekstremalnie duży wpływ)”. W drugim pytaniu eksperci zostali poproszeni o wskazanie sektorów gospodarki, w których zmiana zawarta w tezie będzie najsilniej odczuwalna na Mazowszu. W trzecim pytaniu eksperci określili kompetencje i kwalifikacje, na które zapotrzebowanie może wzrosnąć w wyniku zmian wywołanych przez zjawisko opisane w tezie.

Uczestnikami badania byli interesariusze oraz eksperci mazowieckiego rynku pracy. Badanie realizowane było w języku polskim. Grupa ekspertów uczestniczących w badaniu została wyłoniona metodą doboru celowego mającego za zadanie zapewnienie udziału w badaniu grupy ekspertów i interesariuszy dysponujących doświadczeniem praktycznym i teoretycznym w obszarze mazowieckiego rynku pracy oraz zróżnicowanymi punktami widzenia na badane zagadnienia wynikającymi z różnic w zakresie doświadczenia.

Badanie zrealizowane zostało metodą badania delfickiego w czasie rzeczywistym na platformie badań delfickich 4CF HalnyX. Właściwe badanie poprzedzone zostało krótkim pilotażem, który zweryfikował prawidłowe przygotowanie



formularza pod względem merytorycznym i technicznym. Eksperci otrzymali dane logowania na platformie delfickiej 4CF HalnyX, gdzie mogli logować się wielokrotnie w toku trwania badania w celu dokonania oceny tez delfickich oraz uzasadnienia swojego stanowiska w komentarzu. W toku badania eksperci na bieżąco informowani byli o średnim szacowanym prawdopodobieństwie danej tezy ocenianej w badaniu oraz o tym, czy ich odpowiedzi znacznie różnią się od odpowiedzi pozostałych członków grupy. W dowolnym momencie mogli zmienić swoją ocenę i/lub dodać kolejny komentarz z uzasadnieniem swojego stanowiska.

Badanie delfickie skonstruowane zostało w sposób pozwalający zapewnić anonimowość ekspertów w stosunku do pozostałych osób uczestniczących w badaniu. Podniosło to znaczenie merytorycznej argumentacji w toku badania względem autorytetu zawodowego, stereotypowej interpretacji cech osobniczych i innych czynników o charakterze personalnym. Nad przebiegiem badania czuwał zespół 4CF gotowy udzielić ekspertom wsparcia merytorycznego i technicznego.

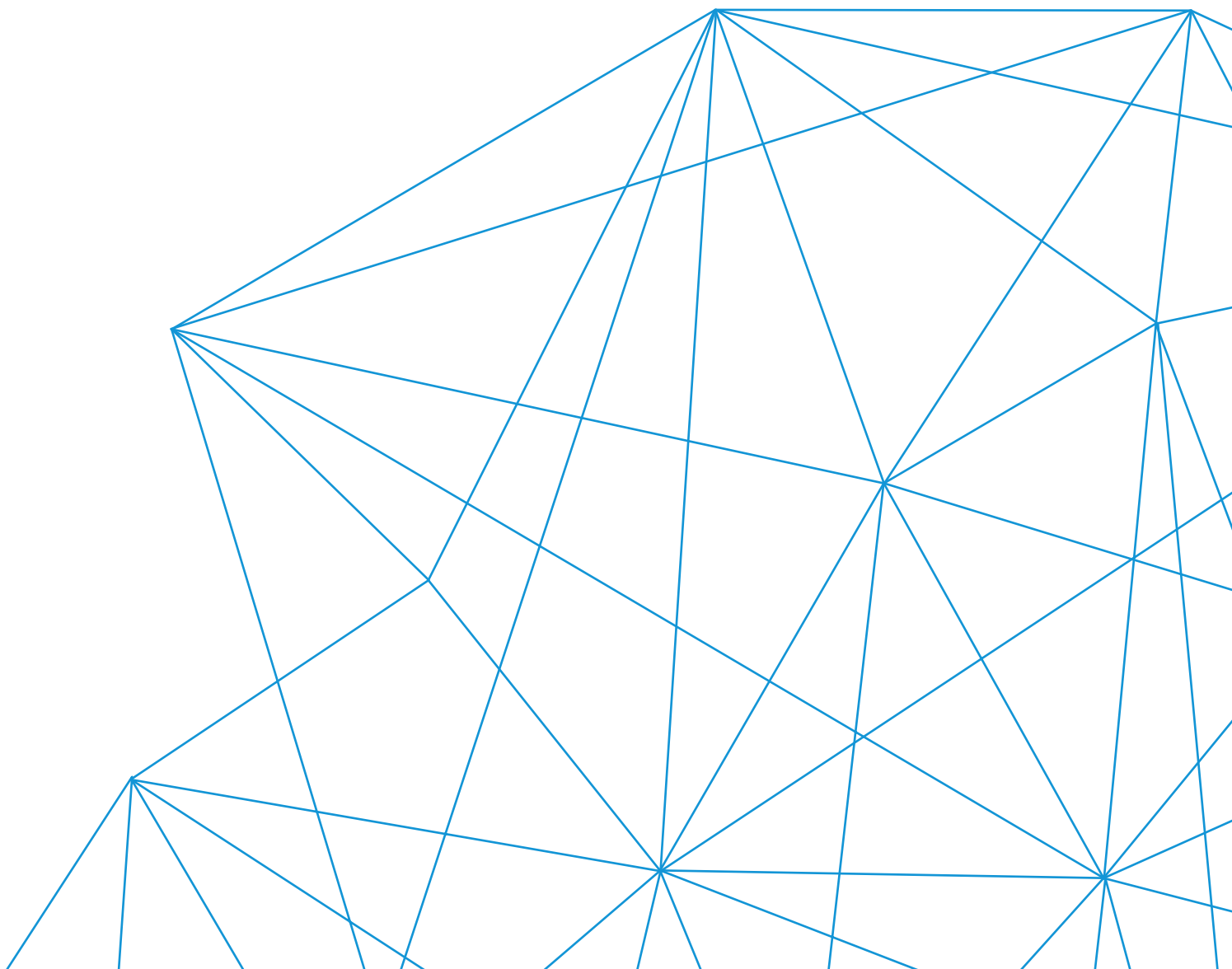
Badanie trwało od 25 listopada do 8 grudnia 2024 roku. Tezy oceniło 18 ekspertów. Sformułowano 192 komentarze.

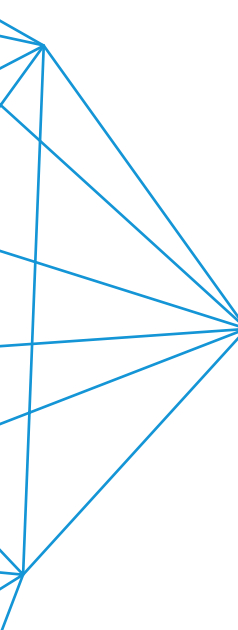
TABELA 3

Lista tez delfickich w badaniu delfickim dla ekspertów i interesariuszy mazowieckich wraz z oceną wpływu i wartością odchylenia standardowego.

Nr	Treść tezy	Wpływ	Odchylenie standardowe
1	W 2040 roku co najmniej połowa firm produkcyjnych na Mazowszu zautomatyzowała przynajmniej częściowo proces podejmowania decyzji, wykorzystując systemy AI.	5.4	2.7
2	Do 2040 roku co najmniej 25% miejsc pracy w sektorze produkcyjnym na Mazowszu zostało zastąpionych przez roboty i systemy AI.	5.9	2.2
3	W 2040 roku coboty (roboty współpracujące z ludźmi) są powszechne w mazowieckim przemyśle i usługach, wykonując przynajmniej połowę zadań manualnych.	5.9	2.5
4	W 2030 roku co najmniej połowa firm na Mazowszu wykorzystuje AI do optymalizacji procesów logistycznych i zarządzania łańcuchem dostaw.	4.3	2.0
5	W 2030 roku co najmniej jedna trzecia firm na Mazowszu wykorzystuje AI do zarządzania zasobami ludzkimi w zakresie pozyskiwania, rozwoju i utrzymania pracowników.	5.0	1.9
6	W 2030 roku ponad połowa działań związanych z obsługą klienta odbywa się poprzez chatboty i wirtualnych asystentów.	4.7	1.9
7	W 2030 roku w co najmniej połowie firm istnieje stanowisko związane z cyberbezpieczeństwem.	4.9	2.1
8	W 2030 roku co najmniej połowa zadań administracyjnych w firmach na Mazowszu jest zautomatyzowana.	5.9	2.6

Nr	Treść tezy	Wpływ	Odchylenie standardowe
9	W 2040 roku struktura organizacyjna w firmach na Mazowszu uwzględni zarówno rolę dla ludzi, jak i dla systemów AI, wykorzystując ich uzupełniające się kompetencje.	5.3	2.3
10	W 2040 roku na Mazowszu popyt na pracowników z wyższym wykształceniem jest niższy niż w 2024 roku.	4.3	2.4
11	W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi na Mazowszu co najmniej 20%.	6.8	2.1
12	Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych.	6.5	1.4
13	W 2030 roku AI jest istotnym wsparciem dla procesów badawczo-rozwojowych w firmach i instytucjach na Mazowszu.	3.7	2.0
14	W 2040 roku AI wzmacnia elastyczność i zdolność adaptacji firm, dzięki czemu są lepiej zdolne do szybkiego reagowania na zmiany zachodzące na rynku i dostosowywanie działalności do zmian otoczenia.	5.2	2.0
15	W 2040 roku w sektorze usługowym podaż pracy jest zdecydowanie niższa niż obecnie.	6.2	2.2





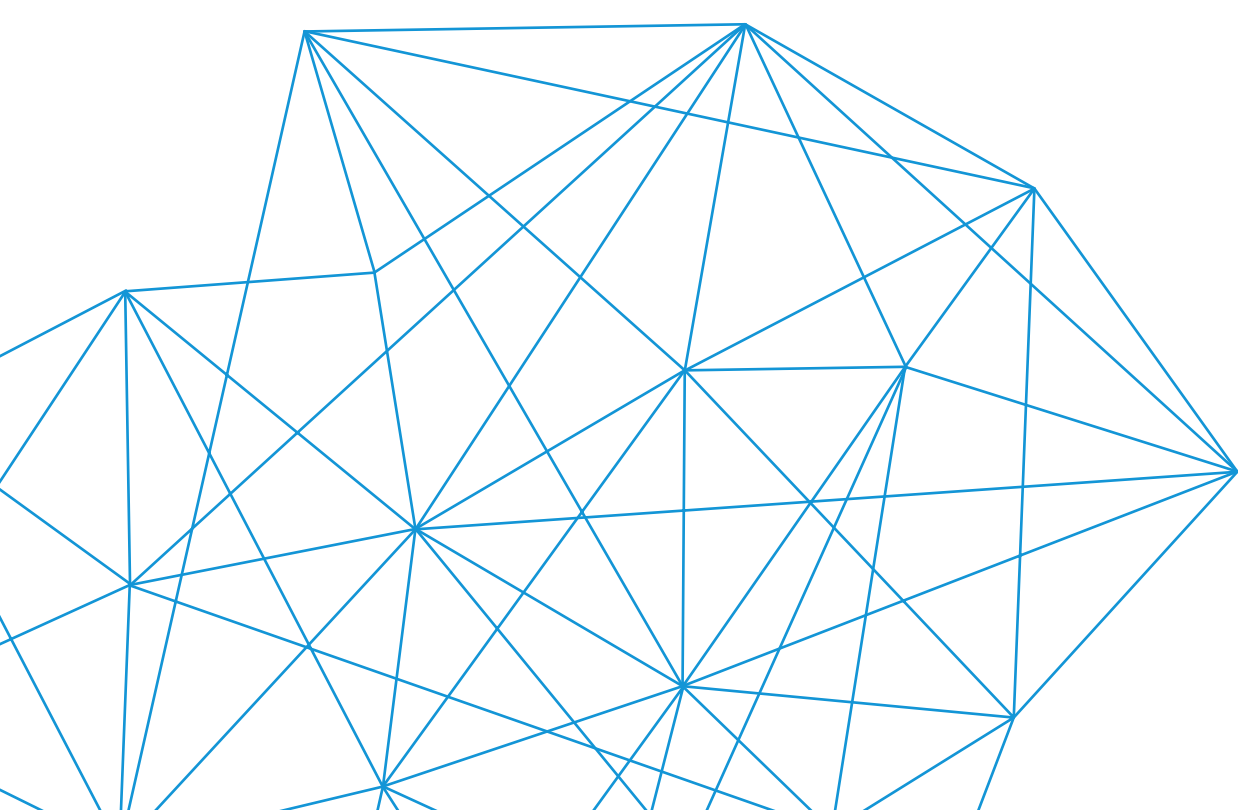
Analiza prawdopodobieństwa i wpływu

Celem pośrednim zrealizowanym za pomocą tego etapu była specyfikacja trendów oraz prawdopodobnych zmian (sygnałów zmian) o istotnym znaczeniu w odniesieniu do wpływu sztucznej inteligencji na rynek pracy.

Analizie poddano wyniki badań delfickich. Na podstawie oceny prawdopodobieństwa i wpływu skonstruowano macierz podzieloną na cztery części:

- ▶ **ĆWIARTKA I:** wysokie prawdopodobieństwo – wysoki wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA II:** wysokie prawdopodobieństwo – niski wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA III:** niskie prawdopodobieństwo – wysoki wpływ,
- ▶ **ĆWIARTKA IV:** niskie prawdopodobieństwo – niski wpływ.

Osie ćwiartek zostały wyznaczone przez środek macierzy, czyli dla prawdopodobieństwa i wpływu równych 5. Pozwoliło to wyłonić i sklasyfikować kluczowe trendy i wyzwania.



Ocena perspektyw oraz wyzwań związanych z zapotrzebowaniem na kompetencje i kwalifikacje pracowników w województwie mazowieckim w kontekście rozwoju sztucznej inteligencji

Celami pośrednimi tego etapu badania były: zidentyfikowanie obecnych i przyszłych zastosowań sztucznej inteligencji w różnych sektorach gospodarki województwa mazowieckiego, w tym wskazanie branż Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia, oraz wskazanie branż Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje zastąpienie istniejących miejsc pracy i spadek zatrudnienia; zidentyfikowanie wyzwań/wskazanie ryzyk związanych ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje w danych branżach.

Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje utworzenie nowych miejsc pracy i wzrost zatrudnienia zidentyfikowane zostały w oparciu o odpowiedzi ekspertów udzielone w badaniu delfickim w reakcji na tezę „Do roku 2040 w wyniku rozwoju AI na Mazowszu powstanie więcej nowych miejsc pracy niż zostanie zlikwidowanych”. W ramach tej tezy eksperci wskazywali sektory gospodarki, na które zjawisko związane z daną tezą będzie miało największy wpływ. Sektory gospodarki Mazowsza, w których rozwój AI spowoduje zastąpienie istniejących miejsc pracy i spadek zatrudnienia wyłonione zostały na podstawie odpowiedzi ekspertów w ramach tezy delfickiej „W 2040 roku bezrobocie strukturalne wywołane przez AI wynosi na Mazowszu co najmniej 20%”. Eksperci wskazali sektory gospodarki, na które zjawisko związane z daną tezą będzie miało największy wpływ. Na tej podstawie wytypowano sześć branż kluczowych dla Mazowsza w kontekście rozwoju AI – działalność finansowa i ubezpieczeniowa, administracja publiczna i obrona narodowa, obowiązkowe zabezpieczenia społeczne, informacja i komunikacja, działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca, rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo, handel hurtowy i detaliczny, działalność profesjonalna, naukowa i techniczna, opieka zdrowotna i pomoc społeczna oraz edukacja.

W kolejnym kroku dla tych branż ocenione zostało zapotrzebowanie na kwalifikacje i kompetencje związane z AI. Uwzględniono wszystkie kompetencje i kwalifikacje zaproponowane w badaniu delfickim, jednak uszeregowano je zgodnie z liczbą wskazań ekspertów.

Następnie na podstawie analizy desk research i wniosków z poprzednich etapów projektu wskazane zostały szanse i zagrożenia związane ze zmianą zapotrzebowania na kompetencje i kwalifikacje.

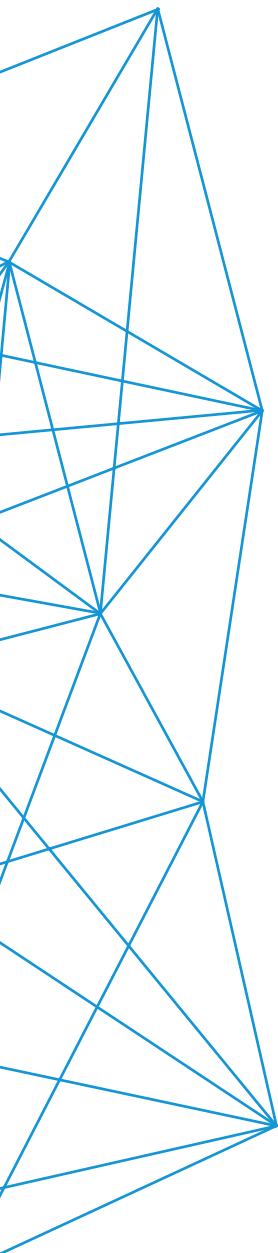
Podsumowanie wyników badania

Wyniki badań i analiz przeprowadzonych na wcześniejszych etapach procesu badawczego zostały poddane syntezie oraz holistycznej interpretacji w celu odpowiedzi na postawione na wstępie pytania badawcze. Umożliwiło to przedstawienie w klarownej formie następujących informacji: kluczowych trendów oraz zmian o charakterze nieciągłości na rynkach pracy charakteryzujących się wysokim oczekiwanym znaczeniem dla rynku na Mazowszu w kontekście AI w perspektywie 2030 i 2040 roku ze wskazaniem czynników warunkujących ich utrzymanie lub wystąpienie; kompetencji zawodowych, których podaż należy utrzymywać i/lub rozwijać w celu zachowania równowagi na mazowieckim rynku pracy w kontekście AI perspektywie 2040 roku; uporządkowanej listy branż, w których AI będzie miała największy wpływ na zatrudnienie (wzrost lub spadek); wykaz perspektyw i wyzwań związanych z dostosowaniem się mazowieckich pracowników do zmian wywołanych przez AI; listy rekomendacji dotyczących kształtowania regionalnej polityki rynku pracy i systemu edukacji, aby sprostać wyzwaniom związanym z AI.

Na podstawie powyższych, zrealizowany został cel aplikacyjny badania, tj. sformułowanie rekomendacji w odniesieniu do przedmiotu badania w celu umożliwienia podejmowania decyzji średnio- i długookresowych w zakresie tworzenia miejsc pracy na Mazowszu oraz oceny potrzeb edukacyjnych i szkoleniowych pracowników. Opracowanie propozycji mechanizmów wspierających współpracę na rzecz adaptacji do zmian wywołanych przez sztuczną inteligencję.

Bibliografia

- 10 najlepszych zawodów związanych z cyberbezpieczeństwem, o które możesz się ubiegać bez dyplomu, Code Labs Academy, <https://codelabsacademy.com/pl/blog/top-10-cybersecurity-jobs-that-you-can-apply-for-without-a-degree>, dostęp: 20.12.2024.
- Acemoglu, D., Autor, D., & Johnson, S. (Eds.). (2023). Can We Have Pro-Worker AI?: Choosing a Path of Machines in Service of Minds. Centre for Economic Policy Research (CEPR).
- Alexandrova-Stefanova, N., Mroczek, Z. K., Nosarzewski, K., Audouin, S., Djamen, P., Kolos, N. & Wan, J. 2023. Harvesting change: Harnessing emerging technologies and innovations for agrifood systems transformation – Global foresight synthesis report. Rome. FAO and Cirad. <https://doi.org/10.4060/cc8498en>
- Axiotes, C., Woodruff, N., Santens, S. Basic income and AI-induced unemployment, Adam Smith Institute, <https://www.adamsmith.org/blog/basic-income-and-ai-induced-unemployment> dostęp: 20.12.2024.
- Barometr polskiego rynku pracy, Raport Personnel Service, VII edycja, I półrocze 2024, https://personnelservice.pl/wp-content/uploads/2024/04/Barometr-Polskiego-Rynku-Pracy_1H2024_Personnel-Service.pdf
- BCG. Organizations Combining Organizational Learning and AI-Specific Learning Are up to 80% More Effective at Managing Uncertainty, 12 listopada 2024, <https://www.bcg.com/press/12november2024-organizational-learning-and-ai-specific-learning-managing-uncertainty>
- Bednarczyk, Z., Kołos, N., Nosarzewski, K., Jagaciak, M., Macander, Ł. (2019). Kompetencje jakich nie było. Kompetencje przyszłości na mazowieckim rynku pracy w perspektywie do 2040 roku. Mazowieckie Obserwatorium Rynku Pracy. Wojewódzki Urząd Pracy w Warszawie
- Bek, N. Inspired by her family's business in India, Seattle founder leads AI startup that helps manufacturers. GeekWire. 24 luty 2023. <https://www.geekwire.com/2023/inspired-by-her-familys-business-in-india-seattle-founder-leads-ai-startup-that-helps-manufacturers>
- Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2023). Generative AI at work (No. w31161). National Bureau of Economic Research. doi 10.3386/w31161
- Chanda, Debangshu. „Top 10 Use Cases of Cobots and AI in Manufacturing”. IdeaUsher, 19 marca 2024, <https://ideausher.com/blog/cobots-and-ai-in-manufacturing>.

- 
- Chergui, Aziza. Why AI Matters for Public Administration: 4 Compelling Reasons! 28 listopada 2024, <https://www.thinktank.de/en/magazin-en/why-ai-matters-for-public-administration-4-compelling-reasons>.
- Cormack, Andy. „Siemens and KU Leuven Collaborate to Research Digital Twin for Smart and Sustainable Products”. EPMA Association, 20 czerwca 2024, <https://www.epma.com/siemens-and-ku-leuven>.
- Coulter, Martin. „Google DeepMind Unveils next Generation of Drug Discovery AI Model”. Reuters, 9 maj 2024. [www.reuters.com, https://www.reuters.com/technology/google-deepmind-unveils-next-generation-drug-discovery-ai-model-2024-05-08](https://www.reuters.com/technology/google-deepmind-unveils-next-generation-drug-discovery-ai-model-2024-05-08).
- Deloitte. Autonomous Generative AI Agents: Under Development. Deloitte Insights, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2025/autonomous-generative-ai-agents-still-under-development.html>. 20.12.2024.
- Dickson, Ben. AI scientists are studying the” emergent” abilities of large language models. <https://bdtechtalks.com/2022/08/22/llm-emergent-abilities>, dostęp: 20.12.2024.
- Digital Poland. (2021). State of Polish AI 2021.
- ENISA. (2020). AI Cybersecurity Challenges. Threat Landscape for Artificial Intelligence
- EPC. (2024). AI and the future of work: Linking generative AI with social, economic, and labour market policies. DISCUSSION PAPER.
- Fabio Di Franco, Tommaso De Zan, Cybersecurity Skills Development in the EU, European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), 2019, <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/publications/ENISA%20Report%20-%20Cybersecurity%20Skills%20Development%20in%20the%20EU.pdf>, s. 8.
- Future Today Institute. (2024). 2024 Tech Trend Report.
- Future Today Institute. (2024). 2024 Tech Trend Report. Artificial Intelligence
- Green, A. and L. Lamby (2023),” The supply, demand and characteristics of the AI workforce across OECD countries”, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 287, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/bb17314a-en>.
- Greyling, Cobus. „AI Agents With Human In The Loop”. Medium, 15 sierpień 2024, <https://cobusgreyling.medium.com/ai-agents-with-human-in-the-loop-f910d0c0384b>.
- How Kira Works. <https://kirasystems.com/how-kira-works>. Dostęp 20.12.2024.
- IMF. (2024). Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work. Staff Discussion Notes No. 2024/001
- Jagaciak, M., Kołos, N., Macander, Ł., Nosarzewski, K., Rafał, W. 2023. Określenie aktualnych i przyszłych potrzeb oraz możliwości technologicznych w zakresie transformacji cyfrowej przedsiębiorstw w kierunku Przemysłu 4.0 w ramach następujących branż na Mazowszu: budowlana, logistyczna, medyczno-farmaceutyczna i rolno-spożywcza. <https://mazovia.pl/resource/71189/214848/Opracowania+z+2023+roku.zip>, dostęp 20.12.2024.

- Jules Thomas, « C'est un métier! »: la cybersécurité, tantôt ingénieur, tantôt juriste, une fonction multifacettes, *Le Monde*, https://www.lemonde.fr/emploi/article/2024/11/04/c-est-un-metier-la-cybersecurite-tantot-ingenieur-tantot-juriste-une-fonction-multifacettes_6374889_1698637.html. Dostęp: 20.12.2024.
- Korgul, K., Witczak, J., Świącicki, I. (2024), AI na polskim rynku pracy, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.
- KPMG. (2023). Monitor Transformacji Cyfrowej Biznesu. Edycja 2023
- Latzel, Moritz. What Is Lab Automation? – ESSERT Robotics. 28 październik 2023, <https://www.essert.com/blog/lab-automation/lab-automation>.
- Marrone, R., Cropley, D., & Medeiros, K. (2024). How Does Narrow AI Impact Human Creativity? *Creativity Research Journal*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/10400419.2024.2378264>
- McKinsey. (2024). A new future of work: The race to deploy AI and raise skills in Europe and beyond
- McKinsey. AI customer service for higher customer engagement. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-next-frontier-of-customer-engagement-ai-enabled-customer-service>. Dostęp 20.12.2024..
- McKinsey. Explainable AI: Getting it right in business. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/why-businesses-need-explainable-ai-and-how-to-deliver-it>. Dostęp: 20.12.2024.
- McKinsey. From bench to bedside: Transforming R&D labs through automation. <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/from-bench-to-bedside-transforming-r-and-d-labs-through-automation>. Dostęp 20.12.2024.
- Microsoft ogłasza inwestycję w szkolenia AI w Polsce – milion osób zdobędzie nowe kompetencje, <https://news.microsoft.com/pl-pl/2024/11/28/microsoft-oglasza-inwestycje-w-szkolenia-ai-w-polsce-milion-osob-zdobedzie-nowe-kompetencje>, dostęp: 20.12.2024.
- Morris, M. R., Sohl-Dickstein, J., Fiedel, N., Warkentin, T., Dafoe, A., Faust, A.,... & Legg, S. Position: Levels of AGI for Operationalizing Progress on the Path to AGI. In Forty-first International Conference on Machine Learning.
- Nguyen, Britney. OpenAI Is Launching an AI Agent That Can Do Work for People. *Quartz*, 13 listopad 2024, <https://qz.com/openai-operator-launch-ai-agent-code-autonomous-1851697965>.
- Nguyen, Le Dong Hai. On the implementation of the universal basic income as a response to technological unemployment, <https://arxiv.org/pdf/2009.09198>. Connor Axiotes, Nikhil Woodruff, Scott Santens, op. cit.
- OECD. (2021). The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far? <https://dx.doi.org/10.1787/7c895724-en>
- OECD. (2023). OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>.
- Pachot, Arnault., Patissier, Céline. Towards Sustainable Artificial Intelligence: An Overview of Environmental Protection Uses and Issues, <https://arxiv.org/pdf/2212.11738>, dostęp: 20.12.2024.

- Perifanis, N. A., & Kitsios, F. (2023). Investigating the influence of artificial intelligence on business value in the digital era of strategy: A literature review. *Information*, 14(2), 85.
- Polityka Insight. (2024). Rynek pracy a rewolucja cyfrowa Wpływ AI i nowych technologii
- Prognoza ludności rezydującej dla Polski na lata 2023–2060, Główny Urząd Statystyczny.
- Przegalińska, Aleksandra. Triantoro, Tamilla. Our AI Predictions for 2025: Business, Personal Life, and Education, AI ONE ON ONE, <https://www.linkedin.com/pulse/our-ai-predictions-2025-business-personal-life-przegalinska-ofdgc>, dostęp: 20.12.2024.
- PwC. (2024). PwC's 2024 AI Jobs Barometer How will AI affect jobs, skills, wages, and productivity?
- Ross, Laura. 8 Examples of Cobots in Everyday Life. 16 wrzesień 2024, <https://www.thomasnet.com/insights/the-year-of-the-cobot>.
- Rynek pracy, edukacja, kompetencje. Aktualne trendy i wyniki badań, PARP, https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Rynek-pracy_maj-2024_v2.pdf, dostęp: 20.12.2024.
- Salmon, Kaleah. „Air India Launches AI Assistant AI.g on WhatsApp for Customer Support”. Channellife India, <https://channellife.in/story/air-india-launches-a-i-assistant-ai-g-on-whatsapp-for-customer-support>. Dostęp 20.12.2024.
- Sawers, Paul. „Parloa, a Conversational AI Platform for Customer Service, Raises \$66M”. TechCrunch, 24 kwiecień 2024, <https://techcrunch.com/2024/04/24/parloa-a-conversational-ai-platform-for-customer-service-raises-66m>.
- Schmarzo, Bill. AI Dividend, Universal Basic Income, and Economic Multiplier Effect, <https://www.datasciencecentral.com/ai-dividend-universal-basic-income-and-economic-multiplier-effect>, dostęp: 20.12.2024.
- ServiceNow. (2024). Impact AI: Enterprise AI Maturity Index 2024
- Siemens Remains Competitive Thanks to Cobots. <https://www.universal-robots.com/case-stories/siemens-gwe>. Dostęp 20.12.2024.
- Singh, Ankit. „The Role of Computer Vision in Robotics”. AZoRobotics, 20.12.2024. <https://www.azorobotics.com/Article.aspx?ArticleID=708>.
- Stephanie Hughes, JPMorgan Chase announces brick-and-mortar bank expansion in a digital age, <https://www.marketplace.org/2024/02/06/jp-morgan-chase-branch-expansion-bank-in-person>, dostęp: 20.12.2024.
- Soori, M., Jough, F. K. G., Dastres, R., & Arezoo, B. (2024). AI-based decision support systems in Industry 4.0, A review. *Journal of Economy and Technology*.
- The Future of Your Workforce Is Here – SkyHive. <https://www.skyhive.ai>. Dostęp 20.12.2024.
- Tony Blair Institute for Global Change. (2024). The Impact of AI on the Labour Market
- UMWM. (2021). Priorytetowe kierunki badań w ramach inteligentnej specjalizacji województwa mazowieckiego
- UMWM. (2021). Regionalna Strategia Innowacji dla Mazowsza do 2030 roku

- UMWM. (2021). Wykaz kompetencji społecznych i osobistych na potrzeby inteligentnej specjalizacji województwa mazowieckiego
- UMWM. (2022). Strategia rozwoju województwa mazowieckiego 2030 plus Innowacyjne Mazowsze
- UNDP. Artificial intelligence for more efficient and transparent public administration. 16 października 2024, <https://www.undp.org/montenegro/news/artificial-intelligence-more-efficient-and-transparent-public-administration>.
- Walker, Jessica. AI Causes Worries About Job Market, Value of Higher Education. GovTech, 28 maj 2024, <https://www.govtech.com/education/higher-ed/ai-causes-worries-about-job-market-value-of-higher-education>.
- WEF. (2023). Future of Jobs Report 2023
- WEF. (2025). Future of Jobs Report 2025
- WEF. How 'everyday' flexibility can unlock engagement, productivity and growth, 18 stycznia 2023, <https://www.weforum.org/stories/2023/01/flexible-working-productivity-and-growth-davos23>
- WEF. (2024). Leveraging Generative AI for Job Augmentation and Workforce Productivity: Scenarios, Case Studies and a Framework for Action. Insight Report
- WEF. (2024). Navigating the AI Frontier: A Primer on the Evolution and Impact of AI Agents. White Paper
- WEF. Why AI makes traditional education models obsolete – and what to do about it, 21 września 2023, <https://www.weforum.org/stories/2023/09/higher-education-model-for-ai>
- Winterton, J., Delamare-Le Deist, F., & Stringfellow, E. (2006). Typology of knowledge, skills and competences: clarification of the concept and prototype (Vol. 64). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. https://www.cedefop.europa.eu/files/3048_en.pdf
- Wojewódzki Urząd Pracy w Warszawie. (2021). KIERUNKI ROZWOJU PRZEDSIĘBIORSTW oraz zapotrzebowanie na kwalifikacje i kompetencje w województwie mazowieckim
- Wojewódzki Urząd Pracy w Warszawie. (2023). BAROMETR ZAWODÓW 2024 Raport podsumowujący badanie w województwie mazowieckim
- Zheng, Ge, i in. „Federated Machine Learning for Privacy Preserving, Collective Supply Chain Risk Prediction”. International Journal of Production Research, t. 61, nr 23, grudzień 2023, s. 8115–32. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2164628>.
- Zhuryk, Yana. „AI Recruitment: 5 Companies Leading the Way”. Agile HRO, 11 listopada 2024, <https://agilehro.com/blog/ai-recruitment-5-companies-leading-the-way>.