

**Krajowy Program Odbudowy i Zwiększania Odporności  
Komponent A „Odporność i konkurencyjność gospodarki”  
Interwencja A3.1.1 „Wsparcie rozwoju nowoczesnego kształcenia zawodowego,  
szkolnictwa wyższego oraz uczenia się przez całe życie”**

***Projekt: „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania branżowego centrum umiejętności dla  
branży elektroniczno-mechatronicznej w dziedzinie automatyka przemysłowa (BCU-BEM)”  
Nr KPO/22/1/BCU/W/0063***

---

**Diagnoza w zakresie identyfikacji innowacji w dziedzinie  
automatyka przemysłowa oraz wyników badań i analiz  
*Raport z badań 2025***

---

**Branżowe Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu**

**Opracowanie:** Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji, Radom  
**Autorka:** Karolina Deryńska

Materiał został opracowany przy wsparciu finansowym Unii Europejskiej w ramach Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększenia Odporności.

Materiał odzwierciedla jedynie stanowisko ich autorów i instytucja finansująca nie ponosi odpowiedzialności za umieszczoną w nich zawartość merytoryczną.

Radom, 2025

## SPIS TREŚCI

INTRODUCTION	3
WPROWADZENIE	6
1. Założenia metodologiczne badań	9
1.1. <i>Cel badań</i>	9
1.2. <i>Metody, techniki i narzędzia badawcze</i>	10
2. Analiza pozycji literaturowych	12
2.1. <i>IoT w polskiej gospodarce</i>	14
2.2. <i>Umiejętności nowej generacji</i>	18
2.3. <i>W stronę Przemysłu 4.0</i>	24
2.4. <i>Współpraca robot-człowiek</i>	31
2.5. <i>Transformacja cyfrowa polskiego przemysłu</i>	36
2.6. <i>Przemysł 4.0 zmienia świat pracy</i>	41
3. WNIOSKI, REKOMENDACJE, PROPOZYCJE DZIAŁAŃ	47

## INTRODUCTION

The study was developed as part of the project “Establishment and support for the operation of an industry skills centre for the electronics and mechatronics industry in the field of industrial automation (ISC-EMI)” (No. KPO/22/1/BCU/W/0063) funded by the National Recovery and Resilience Programme, Component A ‘Resilience and Competitiveness of the Economy’, Intervention A3.1.1 ‘Support for the development of modern vocational education, higher education and lifelong learning’.

The project is being implemented by a partner consortium consisting of:

- 1) Municipality of Radom, Vocational and Continuing Education Centre No. 2 in Radom (project leader);
- 2) Association of Polish Mechanical Engineers and Technicians - industry partner;
- 3) Łukasiewicz Research Network – Institute for Sustainable Technologies in Radom – substantive partner;
- 4) FANUC Polska Sp. z o.o. – additional partner;
- 5) DMG MORI Polska Sp. z o.o. – additional partner.

The project is funded by the National Recovery and Resilience Plan, which is a development plan that sets out the goals for rebuilding and creating Poland's socio-economic resilience after the COVID-19 pandemic crisis and the reforms and investments to achieve them<sup>1</sup>. The aim of the programme is to provide space in the Industry Skills Centre (ISC) for effective collaboration between schools, including vocational schools, universities, employers, research and development centres and others.

As part of the project ‘Establishment and support for the operation of an industry skills centre for the electronics and mechatronics industry in the field of industrial automation (ISC-EMI)’,

---

<sup>1</sup> Regulations of the Competition ‘Establishment and support for the operation of 120 sectoral skills centres (ISC), implementing the concept of centres of vocational excellence (CoVEs)’. MEiN, Warsaw 2022, p. 6.

in accordance with the competition regulations, the implementation of tasks aimed at supporting the operation of the ISC was planned, including those concerning:

- 1) conducting education and training activities for:
  - high school students, university students, doctoral students, university teachers and other adults in vocational training,
  - vocational education teachers (industry-specific training),
  - adults for qualification or retraining in a specific field through non-formal (sectoral) education courses;
- 2) carrying out activities that integrate education with business and support cooperation between schools and universities and employers,
- 3) carrying out innovation, development, advisory and promotional activities.

In accordance with the competition regulations "Establishment and support for the functioning of 120 industry skills centers (BCUs), implementing the concept of centers of professional excellence (CoVEs)" as part of the support for the functioning of the Industry Skills Center within the project, a task was undertaken to identify innovations related to the field of industrial automation and the results of research and analysis in the field of industrial automation. For such a formulated action in the project application, the project partners considered it justified to conduct a study focused on identifying innovations related to the field of industrial automation and the results of research and analysis in the field of industrial automation.

This report presents the results of research conducted in 2025, including the applied methodology and findings in the form of an analysis of publications related to Industry 4.0. It also provides recommendations aimed at identifying potential areas of application within the activities of the Sectoral Skills Centre No. 2 in Radom.

After reviewing the content of this report, the reader will find answers to the following questions:

- 1) In which direction is industrial automation developing?
- 2) What implications does Industry 4.0 bring for the Sectoral Skills Centre?
- 3) How were competency needs identified, both in terms of technical skills (hard skills) and soft skills?
- 4) What competency gaps were identified through the analysis of Industry 4.0 publications?
- 5) What implications does Industry 4.0 impose on the field of industrial automation?
- 6) What obstacles and challenges have been identified in the process of implementing new solutions and technologies in industrial automation?
- 7) What new training topics could be added to expand the educational offer of the Sectoral Skills Centre No. 2 in Radom?

## WPROWADZENIE

Opracowanie powstało w ramach przedsięwzięcia „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania branżowego centrum umiejętności dla branży elektroniczno-mechatronicznej w dziedzinie automatyka przemysłowa (BCU-BEM)” (nr interwencji KPO/22/1/BCU/W/0063) finansowanego z Krajowego Programu Odbudowy i Zwiększania Odporności, Komponent A „Odporność i konkurencyjność gospodarki”, Interwencja A3.1.1 „Wsparcie rozwoju nowoczesnego kształcenia zawodowego, szkolnictwa wyższego oraz uczenia się przez całe życie”.

Projekt jest realizowany przez konsorcjum partnerskie w składzie:

- 1) Gmina Miasta Radom, Centrum Kształcenia Zawodowego i Ustawicznego Nr 2 w Radomiu (lider projektu);
- 2) Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich (SIMP) – partner branżowy;
- 3) Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu – partner merytoryczny;
- 4) FANUC Polska Sp. z o.o. – partner dodatkowy;
- 5) DMG MORI Polska Sp. z o.o. – partner dodatkowy.

Projekt jest finansowany ze środków Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności, który jest planem rozwojowym określającym cele związane z odbudową i tworzeniem odporności społeczno-gospodarczej Polski po kryzysie wywołanym pandemią COVID-19 oraz służące ich realizacji reformy i inwestycje<sup>2</sup>. Celem programu jest zapewnienie w Branżowym

<sup>2</sup> Regulamin Konkursu „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania 120 branżowych centrów umiejętności (BCU), realizujących koncepcję centrów doskonałości zawodowej (CoVEs)”. MEiN, Warszawa 2022, s. 6.

Centrum Umiejętności (BCU) przestrzeni dla skutecznej współpracy szkół, w tym zawodowych, uczelni, pracodawców, ośrodków badawczo-rozwojowych i innych.

W ramach przedsięwzięcia „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania branżowego centrum umiejętności dla branży elektroniczno-mechatronicznej w dziedzinie automatyka przemysłowa (BCU-BEM)” zgodnie z regulaminem konkursu zaplanowano realizację zadań ukierunkowanych na wsparcie funkcjonowania BCU, w tym dotyczących:

- 1) prowadzenia działalności edukacyjno-szkoleniowej dla:
  - uczniów, studentów, doktorantów, nauczycieli akademickich oraz innych osób dorosłych w ramach szkoleń zawodowych,
  - nauczycieli kształcenia zawodowego (szkolenia branżowe),
  - osób dorosłych w zakresie podnoszenia kwalifikacji lub przekwalifikowania zawodowego w danej dziedzinie w ramach kursów z zakresu edukacji pozaformalnej (sektorowej);
- 2) prowadzenia działalności integrujących edukację z biznesem oraz wspierających współpracę szkół i uczelni z pracodawcami,
- 3) prowadzenia działań innowacyjnych, rozwojowych, doradczych i promocyjnych.

Zgodnie z regulaminem konkursu „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania 120 branżowych centrów umiejętności (BCU), realizujących koncepcję centrów doskonałości zawodowej (CoVEs)” w ramach wsparcie funkcjonowania Branżowego Centrum Umiejętności w projekcie podjęto się zadania dotyczącego identyfikacji innowacji związanych z dziedziną automatyka przemysłowa oraz wyników badań i analiz w dziedzinie automatyka przemysłowa.

W ramach projektu przeprowadzono dwie edycje badań, pierwszą w roku 2024 i drugą w roku 2025.

W raporcie przedstawiono efekty badań przeprowadzonych w 2025 roku, w tym metodykę oraz rezultaty badań w formie analizy publikacji dotyczących Przemysłu 4.0 oraz rekomendacjami ukierunkowanymi na wskazanie możliwości wykorzystania w działalności Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu.

Po zapoznaniu się z zawartością publikacji, Czytelnik uzyska odpowiedzi na poniższe pytania:

- 1) W jakim kierunku rozwija się automatyka przemysłowa?
- 2) Jakie implikacje dla Branżowego Centrum Umiejętności niesie Przemysł 4.0?
- 3) Jak zostały zidentyfikowane potrzeby kompetencyjne zarówno w kontekście umiejętności technicznych (hard skills) oraz umiejętności miękkich (soft skills)?
- 4) Jakie luki kompetencyjne zostały zidentyfikowane w procesie analizy publikacji z obszaru Przemysłu 4.0?
- 5) Jakie implikacje dla obszaru automatyki przemysłowej wymusza Przemysł 4.0?
- 6) Jakie przeszkody i trudności zostały zidentyfikowane w procesie wdrażania nowych rozwiązań i technologii w automatyce przemysłowej?
- 7) O jakie nowe tematy szkoleń można by było rozbudować ofertę Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu?

## 1. Założenia metodologiczne badań

### 1.1. Cel badań

Badania zostały zrealizowane w 2025 roku w ramach przedsięwzięcia pt. „Utworzenie i wsparcie funkcjonowania branżowego centrum umiejętności dla branży elektroniczno-mechatronicznej w dziedzinie automatyka przemysłowa (BCU-BEM)” (nr KPO/22/1/BCU/W/0063), którego głównym celem jest wsparcie przygotowania kadr na potrzeby nowoczesnej gospodarki w branży elektroniczno-mechatronicznej poprzez utworzenie i wsparcie funkcjonowania Branżowego Centrum Umiejętności z dziedziny automatyka przemysłowa do 31.12.2023 i przeszkolenie 200 uczestników, w tym 60 osób młodych, 120 osób dorosłych, 20 nauczycieli kształcenia zawodowego do dnia 30.09.2025 r. oraz wsparcie funkcjonowania BCU poprzez prowadzenie działań edukacyjnych, szkoleniowych, integrujących edukację z biznesem oraz wspierających współpracę szkół i uczelni z pracodawcami, a także działań innowacyjnych, rozwojowych, doradczych i promocyjnych.

**Celem głównym** drugiej edycji badań było zidentyfikowanie implikacji dla obszaru automatyki przemysłowej wymuszonych przez Przemysł 4.0 oraz możliwości wykorzystania tej wiedzy w działalności Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu.

**Cele szczegółowe badań obejmowały identyfikację:**

- przykładów innowacji w automatyce przemysłowej;
- kierunków rozwoju automatyki przemysłowej i Przemysłu 4.0.;
- potrzeb kompetencyjnych zarówno w kontekście umiejętności technicznych (hard skills) oraz umiejętności miękkich (soft skills);
- propozycji rozbudowy oferty szkoleniowej Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2.

## 1.2. Metody, techniki i narzędzia badawcze

W celu analizy przedmiotu badań zastosowano metod badawczych jakościowych, w tym:

- 1) analiza literatury,
- 2) badanie typu desk reserach.

W ramach badania zastosowano analizę literatury (publikacje z lat 2018-2024), której celem było zidentyfikowanie innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie automatyki przemysłowej, zidentyfikowanie implikacji dla obszaru automatyki przemysłowej wymuszonych przez Przemysł 4.0 oraz określenie możliwości wykorzystania tej wiedzy w działalności Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu.

Wnioski z analizy publikacji pomogły w określeniu:

- 1) potencjalnego wpływu rozwiązań w dziedzinie automatyki przemysłowej na rozwój oferty edukacyjnej Branżowego Centrum Umiejętności (BCU) Nr 2 w Radomiu,
- 2) zidentyfikowaniu trendów i kierunków rozwoju automatyki przemysłowej,
- 3) zidentyfikowaniu potrzeb kompetencyjnych i edukacyjnych związanych z nowoczesnymi rozwiązaniami automatyzacji.

W procesie badawczym zastosowano metodę typu desk research w zakresie identyfikacji innowacji. Metoda ta polegała na zebraniu, przetworzeniu i analizie dostępnych informacji, które zostały już opublikowane w różnych źródłach. Należy podkreślić, że desk research jest metodą wtórną, co oznacza, że nie generuje nowych danych, ale koncentruje się na wykorzystaniu istniejących materiałów w celu identyfikacji i weryfikacji innowacyjnych rozwiązań w obszarze automatyki przemysłowej. Proces analizy desk research został przeprowadzony w kilku etapach, które umożliwiły skuteczne zidentyfikowanie innowacji w dziedzinie automatyki przemysłowej oraz ich potencjalnego wpływu na rozwój sektora.

Pierwszym krokiem było określenie celów badania. Kolejnym etapem był wybór odpowiednich źródeł informacji. W tym celu wykorzystano różnorodne zasoby, aby zapewnić kompleksowe i rzetelne opracowanie tematu. Wśród kluczowych źródeł znalazły się: raporty branżowe, opracowane przez organizacje sektorowe, firmy konsultingowe oraz instytucje rządowe, stanowiące cenne źródło informacji o aktualnych trendach i przyszłych kierunkach rozwoju technologii.

Po zebraniu odpowiednich materiałów przeprowadzono ich szczegółową analizę. W pierwszej kolejności wyodrębniono kluczowe trendy w obszarze automatyki przemysłowej, identyfikując powtarzające się tematy i wnioski, które świadczyły o kierunkach rozwoju sektora. Ostatecznie zebrane dane zostały poddane syntezie, co pozwoliło na ich uporządkowanie oraz sformułowanie wniosków i rekomendacji.

Desk research jest kluczowym elementem w badaniach zrównoważonego rozwoju, ponieważ pozwala na efektywne wykorzystanie istniejących danych, co jest zarówno ekonomiczne, jak i czasowo oszczędne.

Po zebraniu odpowiednich materiałów przeprowadzono ich szczegółową analizę. Następnie wyodrębniono kluczowe trendy i kierunki w obszarze automatyki przemysłowej i Przemysłu 4.0, identyfikując powtarzające się tematy i wnioski, które świadczyły o kierunkach rozwoju sektora. Ostatecznie zebrane dane zostały uporządkowane oraz sformułowane wnioski i rekomendacje a w rezultacie dostarczenie wartościowych informacji dla interesariuszy oraz wskazanie możliwości ich praktycznego wykorzystania w działalności Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu.

## 2. Analiza pozycji literaturowych

Celem niniejszej części raportu jest szczegółowa diagnoza aktualnych trendów, a w związku z tym wynikających z nich potrzeb kompetencyjnych w obszarze automatyki przemysłowej.

Diagnoza ta opiera się na analizie wybranych pozycji literaturowych, obejmujących raporty i opracowania z lat 2018-2024. Wybór tego przedziału czasowego ma na celu uchwycenie najbardziej aktualnych zmian i kierunków rozwoju sektora, dynamicznie kształtowanego przez rewolucję przemysłową – Przemysł 4.0.

Analizę przeprowadzono w oparciu o ujednoliconą metodykę w celu zachowania spójności i porównywalności danych pozyskanych z różnorodnych źródeł. Każdy z wybranych raportów i opracowań został poddany analizie treści. W procesie ekstrakcji danych koncentrowano się na następujących aspektach:

### **Główne tezy i wnioski**

Identyfikacja kluczowych przesłanek i konkluzji z każdego opracowania, które dotyczą przyszłości automatyki przemysłowej i jej miejsca w kontekście globalnych trendów.

### **Wyróżnione innowacje technologiczne**

Wyszczególnienie nowych technologii, narzędzi i rozwiązań, które są wskazywane jako innowacyjne i mające fundamentalne znaczenie dla automatyki przemysłowej:

- 1) sztuczna Inteligencja (AI),
- 2) Internet Rzeczy (IoT),
- 3) zaawansowana robotyka,
- 4) cyberbezpieczeństwo w technologiach operacyjnych (OT),
- 5) cyfrowe bliźniaki,
- 6) przetwarzanie brzegowe (edge computing),
- 7) chmura przemysłowa.

### **Implikacje dla automatyki przemysłowej w kontekście Przemysłu 4.0**

Wskazanie wpływu na integrację systemów, automatyzację procesów, zarządzanie danymi i zmianę modeli biznesowych w sektorze.

Przemysł 4.0 redefiniuje sposób, w jaki producenci tworzą i dostarczają wartość, zacierając granice między tym, co namacalne a nienamacalne, cyfrowe a fizyczne, produktem a usługą. Przemysł 4.0 to koncepcja inteligentnych fabryk, które wykorzystują cyfryzację, IoT, AI i automatyzację do optymalizacji procesów produkcyjnych. Innowacje przemysłowe skupiają się dziś na integracji człowieka, maszyny i danych. Dzięki analizie danych, nieograniczonemu przechowywaniu, zdecentralizowanej mocy obliczeniowej i łączności internetowej, producenci mogą przekształcić się w organizacje połączone i zorientowane na klienta, zdolne do opracowywania wysoce spersonalizowanych produktów, bezpieczniejsze i wydajniejsze, oraz dostarczania ich szybciej i po niższych kosztach.

### **Zidentyfikowane potrzeby kompetencyjne**

Wyszczególnienie umiejętności, zarówno technicznych (hard skills), jak i miękkich (soft skills), które są kluczowe lub/i brakujące na rynku pracy w obliczu dynamicznych zmian technologicznych i organizacyjnych.

### **Wyzwania i bariery**

Identyfikacja przeszkód i trudności we wdrażaniu nowoczesnych rozwiązań i technologii w automatyce przemysłowej, takich jak bariery technologiczne, organizacyjne, finansowe czy kadrowe.

Zebrane w ten sposób dane stanowią podstawę do dalszej syntezy, która pozwoli na zidentyfikowanie dominujących trendów i sformułowanie strategicznych rekomendacji dla rozwoju i doskonalenia Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu w zakresie automatyki przemysłowej. Dynamiczny rozwój nauki i technologii wymaga nieustannej identyfikacji innowacyjnych rozwiązań oraz analizy wyników badań w celu lepszego zrozumienia trendów, wyzwań i potencjału danej dziedziny.

**Automatyka przemysłowa** odgrywa kluczową rolę w modernizacji i optymalizacji procesów produkcyjnych, integrując technologie takie jak robotyka, sztuczna inteligencja (AI), systemy sterowania, Internet Rzeczy (IoT) oraz cyfrowe bliźniaki, które wspólnie przyczyniają się do poprawy wydajności, precyzji i elastyczności procesów przemysłowych.

## 2.1. IoT w polskiej gospodarce

W pracach Grupy Roboczej do Spraw Internetu Rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji (2019) został podkreślony potencjał technologii Internetu Rzeczy (IoT) w kontekście polskiej gospodarki, w dziedzinie nowych obszarów zastosowań oraz modeli biznesowych. Jest wyraźne wskazanie na ścisłe powiązanie rozwoju IoT z narodowymi planami dotyczącymi Sztucznej Inteligencji (AI) oraz programem budowy sieci 5G.

W publikacji wyróżniono **dwie typy Industrial IoT (IIoT)** w kontekście sektora przemysłowego: offline (zbieranie danych do optymalizacji bez bieżącego wpływu na operacje) i online (systemy operacyjne wpływające w czasie rzeczywistym na procesy). Podstawowym zadaniem systemów IIoT jest optymalizacja procesów, w tym zarządzanie łańcuchem logistycznym, wewnętrzna lokalizacja (pracowników, pakunków, pojazdów), kontrola parametrów środowiskowych oraz predykcyjne utrzymanie ruchu.

Jest zaakcentowane znaczenie integracji IoT, AI i 5G jako głównych sił napędzających rozwój gospodarczy.

Nowoczesne firmy produkcyjne wdrażające Przemysł 4.0 najczęściej sięgają po IIoT w celu precyzyjnej analizy danych w czasie rzeczywistym z połączonych urządzeń. Podkreślają również **potrzebę propagowania terminu „Industrial Internet of Things” w branży.**

Raport „IoT w Polskiej Gospodarce” wskazuje na szereg technologii, które rewolucjonizują sektor automatyki przemysłowej.

Do najbardziej dominujących innowacji należą:

- **przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT)** to fundament **Przemysłu 4.0**, umożliwiającą komunikację między maszynami, urządzeniami i systemami w czasie rzeczywistym. Rozwój IIoT prowadzi do tworzenia tzw. „**inteligentnych fabryk**”;
- **Sztuczna Inteligencja (AI) i uczenie maszynowe (ML)**. Sztuczna inteligencja jest coraz szerzej integrowana z systemami automatyki, umożliwiając optymalizację procesów, autonomiczne sterowanie, kontrolę jakości, diagnostykę usterek oraz personalizację

produkcji. Uczenie maszynowe pozwala systemom na adaptacyjne uczenie się i doskonalenie bez konieczności ciągłej interwencji człowieka;

- **roboty współpracujące (Coboty).** Roboty stają się bardziej bezpieczne, co pozwala na ich szersze zastosowanie, również w środowiskach, gdzie wcześniej interakcja człowiek-robot była problematyczna. Coboty, dzięki zdolności do bezpiecznej współpracy z ludźmi, otwierają nowe możliwości automatyzacji w sektorach o wysokim stopniu zmienności zadań;
- **Cyfrowe Bliźniaki (Digital Twins).** Tworzenie wirtualnych replik fizycznych obiektów, procesów czy systemów pozwala na symulację, testowanie i optymalizację bez wpływu na rzeczywiste operacje. Digital Twins są kluczowe dla predykcyjnego utrzymania ruchu, planowania produkcji i optymalizacji całych linii produkcyjnych;
- **Przetwarzanie Brzegowe (Edge Computing) i Chmura Przemysłowa.** Rozwiązania te umożliwiają przetwarzanie danych bliżej źródła, co redukuje opóźnienia i wymagania dotyczące przepustowości sieci, jednocześnie wspierając zaawansowaną analitykę i integrację z usługami chmurowymi dla bardziej złożonych operacji.

**Przemysł 4.0 redefiniuje automatykę przemysłową** z punktu widzenia kompleksowej integracji. Nie chodzi już tylko o automatyzację pojedynczych procesów, ale o tworzenie w pełni połączonych i inteligentnych ekosystemów produkcyjnych. Przykłady stanowią:

- **Integracja pozioma i pionowa.** Połączenie wszystkich poziomów hierarchii produkcyjnej (od czujników po systemy ERP) oraz integracja wzdłuż całego łańcucha wartości (od dostawców po klientów);
- Zwiększona autonomia i elastyczność produkcji;
- Pojawienie się nowych modeli, takich jak „**product-as-a-service**” czy serwis predykcyjny, gdzie dane z automatyki stają się podstawą wartości dodanej.

Analiza raportu wskazuje na **znaczącą lukę kompetencyjną**, która stanowi jedną z głównych barier dla pełnego wdrożenia Przemysłu 4.0. Zapotrzebowanie na nowe umiejętności jest dynamiczne i obejmuje zarówno aspekty techniczne, jak i umiejętności miękkie.

## Umiejętności techniczne (hard skills):

- **zaawansowane programowanie** i integracja systemów, a w związku z tym znajomość języków programowania (np. Python, C++), środowisk PLC nowej generacji, systemów SCADA/MES oraz zdolność do integracji różnorodnych technologii (robotyka, AI, IIoT) w spójne rozwiązania;
- **umiejętność zbierania, przetwarzania i interpretowania dużych zbiorów danych** operacyjnych w celu optymalizacji procesów, predykcyjnej konserwacji i podejmowania decyzji opartych na danych;
- **specjalistyczna wiedza** z zakresu zabezpieczania sieci i urządzeń przemysłowych, identyfikacji zagrożeń i reagowania na incydenty;
- **znajomość architektury IIoT i chmury przemysłowej**. Projektowanie i wdrażanie rozwiązań opartych na Internecie Rzeczy, w tym znajomość protokołów komunikacyjnych (np. MQTT, OPC UA) i platform chmurowych;
- obsługa i programowanie robotów współpracujących (**cobotów**);
- **umiejętność tworzenia i wykorzystywania cyfrowych bliźniaków** do symulacji oraz optymalizacji.

## Umiejętności miękkie (soft skills):

- **krytyczne myślenie i rozwiązywanie problemów**. Zdolność do analizowania złożonych sytuacji i znajdowania innowacyjnych rozwiązań w dynamicznym środowisku technologicznym;
- **elastyczność** w obliczu szybko ewoluujących technologii i gotowość do stałego podnoszenia kwalifikacji;
- **współpraca z inżynierami** z różnych dziedzin (IT, OT, dane, AI) oraz **specjalistami biznesowymi**;
- **komunikacja i prezentacja danych**. Efektywne przekazywanie złożonych informacji technicznych zarówno kolegom z branży, jak i osobom decyzyjnym.

Wdrożenie innowacji w automatyce przemysłowej napotyka na szereg wyzwań, z których najczęściej wskazywane w to:

- **brak wykwalifikowanych kadr.** Najbardziej palący problem, wynikający z **niedostosowania systemów edukacji** do szybko zmieniających się potrzeb rynku pracy;
- **koszty inwestycyjne.** Wysokie nakłady finansowe na nowoczesne technologie, które mogą być barierą dla Małych i Średnich Przedsiębiorstw (MŚP);
- **trudności w łączeniu starszych systemów** (legacy systems) z nowymi technologiami Przemysłu 4.0;
- wyzwania związane z **adaptacją kultury organizacyjnej i oporem pracowników** na wprowadzane innowacje.

W wyniku analizy raportu Grupy Roboczej do Spraw Internetu Rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji pt. „IoT w Polskiej Gospodarce” można zauważyć **braki w kierunkowej i specjalistycznej edukacji w obszarze IoT** a w konsekwencji niedobór wyspecjalizowanych kadr w dziedzinie IoT.

Nie bez znaczenia jest prognoza wzrostu roli **współpracy** między inżynierami wdrażającymi rozwiązania a analitykami danych (Data Scientists).

Kluczowe kompetencje obejmują umiejętności w zakresie **analizy dużych zbiorów danych**, projektowania i **wytwarzania dedykowanych komponentów elektronicznych**, elektromechanicznych, **znajomość** platform **IoT** a także zdolność do zapewnienia **interoperacyjności**, otwartości i dostępności systemów IoT.

Ważnym zagadnieniem, również w obszarze edukacji, są **kwestie etyczne** związane z wykorzystaniem technologii IoT i danych.

Istnieje **potrzeba rozwoju kompetencji w zakresie cyberbezpieczeństwa** dla IoT, tym bardziej, że nie ma jednolitego standardu w tym obszarze.

## 2.2. Umiejętności nowej generacji

International Federation of Robotics w opracowaniu *Next Generation Skills: Robots, Jobs, and the Labor Shortage* (2024) podaje, że globalna **baza zainstalowanych robotów** osiągnęła około 4 miliony jednostek, a w latach 2017-2022 **rosła średnio o 13% rocznie**.

Z jednej strony **robotyka i automatyzacja** może być **odpowiedzią na wypełnianie luk kadrowych**, z drugiej jednak strony to **wyzwanie** dla osób zajmujących się kształceniem zawodowym skoncentrowanym na automatyce przemysłowej, aby odpowiedzieć na wyzwania **zautomatyzowanego rynku pracy** i efektywnie wspierać i kształcić talenty w tej dziedzinie.

Kluczowe innowacje i kierunki rozwoju wskazane w *Next Generation Skills: Robots, Jobs, and the Labor Shortage* opublikowanym przez International Federation of Robotics obejmują:

- roboty jako narzędzia i asystenci.  
Roboty są coraz częściej postrzegane jako "narzędzia" lub "asystenci", które przejmują zadania trudne, niebezpieczne lub uciążliwe dla ludzi, takie jak podnoszenie ciężarów czy praca w ryzykownych warunkach.
- intuicyjne interfejsy i łatwość programowania.  
Producenci robotów priorytetowo traktują rozwój robotów, które są łatwe do programowania i instalowania nawet dla niezaaansowanych użytkowników. Takie podejście ma wpływ na zmniejszenie zależności od zewnętrznych programistów.  
Nie jest wymagane wykształcenie inżynierskie do programowania robotów przeznaczonych do prostych zastosowań, ponieważ roboty stają się coraz bardziej intuicyjne.
- roboty współpracujące (Coboty).

Roboty współpracujące są projektowane do pracy w tej samej fizycznej przestrzeni co ludzie, co nie jest możliwe w przypadku tradycyjnych robotów przemysłowych ze względów bezpieczeństwa.

Coboty posiadają zaawansowane wbudowane zabezpieczenia, które pozwalają im zwolnić lub całkowicie się zatrzymać, jeśli człowiek jest zbyt blisko.

- elastyczna produkcja (Flexible Manufacturing).

Nowsze roboty, dzięki łatwości użycia i szybkim w konfiguracji akcesoriom, umożliwiają szybkie dostosowywanie procesów produkcyjnych do zmieniających się wymagań i wariantów produktów. Roboty mogą być szybko przeprogramowywane, co zwiększa elastyczność i konkurencyjność producentów.

- integracja Sztucznej Inteligencji (AI).

Od pracowników, w coraz większym stopniu, będzie wymagane pisanie algorytmów sztucznej inteligencji (AI) wykorzystywanych w aplikacjach robotycznych, takich jak pick-and-place czy inspekcja jakości.

- digitalizacja i analiza danych.

Coraz więcej maszyn jest cyfrowo połączonych i stale przesyła dane o swoim statusie. Analiza tych danych umożliwia planowanie konserwacji czy proaktywne monitorowanie i ocenę działania maszyn.

- zaawansowane narzędzia inżynieryjne.

Inżynierowie korzystają z systemów CAD/CAM, cyfrowych bliźniaków (do symulacji integracji maszyn i przewidywania problemów) oraz druku 3D (do szybkiego prototypowania).

- systemy połączone i IIoT.

Inżynierowie będą zarządzać połączonymi systemami zamiast pojedynczymi maszynami, co wymaga znajomości technologii cyfrowych, takich jak Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT) czy systemy oparte na chmurze.

Kierownicy produkcji będą nadzorować szerszy zakres maszyn i procesów, opierając się na analizie danych z całego łańcucha dostaw w centrach kontroli produkcji.

**Przemysł 4.0** z jego naciskiem na cyfryzację czy inteligentne systemy, głęboko przekształca automatykę przemysłową.

**Automatyka przemysłowa na pewno znacząco wpłynie na transformację istniejących miejsc pracy.** Autorzy opracowania podkreślają, że automatyzacja z wykorzystaniem robotów już teraz **zmienia charakter** istniejących miejsc pracy natomiast ich **nie zastępuje**.

Roboty mogą wypełniać luki kadrowe, przejmując niebezpieczne lub uciążliwe prace. Z tego faktu może wynikać dużo korzyści.

Dla pracowników produkcyjnych oznacza to bezpieczniejsze i bardziej zróżnicowane środowisko pracy, możliwości podnoszenia kwalifikacji a w konsekwencji przechodzenie na wyżej płatne stanowiska w zaawansowanej technologicznie branży.

Przemysł 4.0. w zakresie automatyki przemysłowej wpłynie na:

- zmianę profili zawodowych.

**Operatorzy produkcji** będą pracować z robotami jako „narzędziami” lub „asystentami”, programować proste aplikacje i monitorować wydajność robotów. Będą mieli mniej monotonnej pracy i będą angażować się w szkolenie algorytmów AI.

**Technicy** będą wykorzystywać dane cyfrowe do monitorowania i konserwacji maszyn, planowania konserwacji i proaktywnej identyfikacji problemów. Będą musieli rozwijać szerokie umiejętności w zakresie technologii informatycznych.

**Inżynierowie** będą zarządzać połączonymi systemami a nie pojedynczymi maszynami. Będą korzystać z CAD/CAM, cyfrowych bliźniaków i druku 3D.

**Kierownicy produkcji** będą nadzorować szerszy zakres maszyn i procesów, opierając się na analizie danych z całego łańcucha dostaw.

- tworzenie nowych ról.

Automatyzacja prowadzi do powstania nowych profili zawodowych, **multidyscyplinarnych stanowisk pracy** (menedżerowie smart factory, koordynatorzy zespołów robotycznych). Wymusi również zatrudnienie (bądź doszkalanie już zatrudnionych) ekspertów głębokiej dziedziny (np. debuggerów robotów czy ekspertów optymalizacji AI).

- Interdyscyplinarność.

Modyfikacji ulegają i będą się zmieniać podstawowe profile zawodowe w obszarze produkcji. Operator, technik, inżynier, kierownik produkcji będą stopniowo coraz bardziej interdyscyplinarne.

W raporcie podkreślono konieczność przyswojenia **podstawowej wiedzy** w zakresie technologii przez pracowników **na wszystkich poziomach**.

Istnieje niedobór talentów posiadających specjalistyczne umiejętności wymagane w sektorze produkcyjnym, a także niedobór „klasycznych” umiejętności produkcyjnych w związku z odchodzeniem na emeryturę starszego pokolenia.

**Kluczowe umiejętności techniczne**, na które będzie największe zapotrzebowanie:

- dla operatorów produkcji.

Programowanie robotów do prostych zastosowań, szkolenie algorytmów sztucznej inteligencji (AI) dla aplikacji robotycznych (np. pick-and-place, inspekcja jakości), monitorowanie wydajności robotów, umiejętność współpracy z robotami jako asystentami, obsługa i konfiguracja intuicyjnych technologii automatyzacji, programowanie robotów.

- dla techników.

Interpretacja danych z maszyn, umiejętność proaktywnego monitorowania i oceny maszyn, optymalizacja procesów.

- dla inżynierów.

Znajomość cyfrowych technologii takich jak Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT) i systemy oparte na chmurze, umiejętność interpretacji symulacji wspomaganych komputerowo (CAD), analiza danych i edge computing, zrozumienie interfejsów i protokołów komunikacyjnych między systemami zaplecza (np. systemami zamówień).

- dla kierowników produkcji.

Szerokie umiejętności technologiczne w powiązanych systemach, takich jak planowanie zasobów przedsiębiorstwa (ERP), zarządzanie złożonymi zadaniami optymalizacyjnymi na całej linii produkcyjnej.

- dla wszystkich pracowników produkcyjnych.

Rozwijanie umiejętności interdyscyplinarnych i wiedzy o interfejsach między różnymi technologiami.

#### Kluczowe umiejętności miękkie:

- krytyczne myślenie;
- rozwiązywanie problemów;
- umiejętność pracy w zespole interdyscyplinarnym;
- praca z technologiami np. współpraca z robotami jako asystentami.

Członkowie IFR uważają, że należy podjąć działania w celu stworzenia i **promowania** atrakcyjnych karier w sektorze produkcyjnym, szczególnie **wśród młodych ludzi**. Takie podejście powinno **wspierać dziewczęta** w rozwijaniu ich umiejętności w dziedzinach STEM (nauka, technika, inżynieria, matematyka) i poszukiwaniu możliwości kariery w sektorze produkcyjnym.

W najbliższych latach będziemy mieć do czynienia ze znacznym **niedoborem „klasycznych” umiejętności produkcyjnych**, co będzie wynikiem przechodzenia na emeryturę starszych pracowników.

Warto zwrócić uwagę na przewidywania Europejskiego Centrum Kształcenia Zawodowego, które prognozuje **niedobór 29 milionów techników i pokrewnych specjalistów** oraz 10 milionów stanowisk operatorów maszyn i monterów **w Europie w latach 2016-2030**.

Ponadto wiele firm koncentruje się na zatrudnianiu nowych pracowników, ale badania wskazują, że **reskilling (przekwalifikowanie)** istniejących pracowników **jest bardzo opłacalne** i prowadzi do lepszej kultury organizacyjnej.

Jak widać, zapotrzebowanie na pracowników z obszaru automatyki przemysłowej będzie znaczące i nic nie wskazuje na to, aby przez kolejne kilkanaście lat wystąpiło przesylenie rynku, tym bardziej, że branża dynamicznie rozwija się.

Dlatego w proces rozwoju umiejętności nowej generacji muszą być zaangażowane instytucje edukacyjne, branżowe centra umiejętności oraz przedsiębiorstwa, producenci robotów, obecni i przyszli pracownicy.

Jedynie wspólne działania mogą przynieść jakościowe i wymierne efekty a tym samym korzyści dla gospodarki.

### 2.3. W stronę Przemysłu 4.0

Publikacja „*W stronę Przemysłu 4.0: Praktyczny przewodnik*” *Harvard Business Review Polska* stanowi zbiór artykułów z *Harvard Business Review Polska*, koncentrujących się na **Przemysle 4.0, który definiuje jako nieuniknioną transformację, wymagającą zaangażowania kadry zarządzającej i zmiany kulturowej w firmach.**

Omawiana jest gotowość przedsiębiorstw na wyzwania związane z Przemysłem 4.0. Wyróżniają cztery archetypy fabryk przyszłości (zautomatyzowane/cyfrowe, indywidualizacji masowej, mobilne modułowe oraz ręczne z cyfrowym wsparciem) i trzy sposoby automatyzacji pracy:

- robotyzację procesów,
- automatyzację poznawczą,
- robotykę społeczną.

Wyróżniono najczęstsze błędy i dobre praktyki w robotyzacji, zwracając uwagę na kluczową rolę inżynierów i konieczność inwestowania w ich kompetencje.

W raporcie firmy Roland Berger zatytułowanym *INDUSTRY 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed* (Przemysł 4:0. Nowa rewolucja przemysłowa. Jak Europa odniesie sukces) jest scharakteryzowana inicjatywa podjęta przez niemiecki rząd, mająca na celu wywołanie strukturalnych zmian w myśleniu i działaniu sektorów związanych z przemysłem gospodarek państw „starej Unii”. Stanowi odpowiedź na amerykańską politykę reindustrializacji i ma zmotywować rządy krajów takich jak Niemcy, Francja do kompleksowych inwestycji w nowoczesne fabryki.

Charakterystyka Przemysłu 4.0 obejmuje:

- inteligentne roboty i maszyny (smart robots and machines),
- big data,
- nową jakość łączności (new quality of connectivity),
- efektywność energetyczną i decentralizację (energy efficiency and decentralization),
- wirtualizację przemysłu (virtual industrialization).

Większość technologii kluczowych dla Przemysłu 4.0, takich jak roboty przemysłowe, systemy raportowania i analizy danych, systemy zarządzania cyklem życia produktów, są już znane.

**Głównym wyzwaniem jest ich integracja**, która ma skrócić czas wprowadzania nowych produktów na rynek (TimeToMarket) i zapewnić konkurencyjny koszt produkcji jednostkowej.

Wyróżniamy trzy główne technologiczne warianty automatyzacji pracy:

- **robotyzacja procesów.**

Jest to najprostsza i najbardziej dojrzała forma, wykorzystywana do automatyzacji zadań o dużej skali, niskiej złożoności i rutynowym charakterze, np. przenoszenia danych między systemami. Pozwala uprościć procesy operacyjne oraz poprawić jakość i efektywność kosztową usług wspólnych.

Charakteryzuje się niskim kosztem wdrożenia i wysokim zwrotem z inwestycji.

- **automatyzacja poznawcza.**

Dotyczy zadań nierutynowych, złożonych, kreatywnych i badawczych, obejmujących czynności kognitywne. Wykorzystuje uczenie maszynowe, głębokie sieci neuronowe, rozumienie języka naturalnego czy komputerowe widzenie obrazu.

Może przekształcać procesy biznesowe tworzyć nowe produkty i usługi, a także analizować duże zbiory danych.

- **robotyka społeczna (Social Robotics);**

Roboty nowej generacji, mobilne i nieprzykute do linii montażowej. Mogą automatyzować zarówno rutynowe, jak i nierutynowe zadania, współpracując z ludźmi w różnych sytuacjach.

W kontekście rozwoju fabryk zaproponowano nową klasyfikację czterech archetypów fabryk przyszłości, której fundamentem jest orientacja na klienta:

- **inteligentna zautomatyzowana i zrobotyzowana fabryka;**

Realizuje bardzo wysokie wolumeny produkcji z niskim poziomem kosztów dzięki pełnej automatyzacji i robotyzacji. Produkcja zorganizowana jest w formie dedykowanych linii.

- **cyfrowa masowa indywidualizacja;**

Produkcja średnich lub wysokich wolumenów produktów wysoce indywidualizowanych. Zakład jest przygotowany na krótkie serie, wysoką personalizację.

- **mobilna modułowa fabryka (Mobile modular plant);**

Elastyczna fabryka, którą można szybko budować, uruchamiać, pakować i przenosić w zależności od trendów rynkowych lub dostępu do surowca (np. systemy produkcji palet tekturowych dla IKEA).

- **produkcja ręczna z wykorzystaniem cyfryzacji (handmade with digital touch);**

Dotyczy niszowego segmentu rynku produktów o najwyższej wartości jednostkowej, produkty luksusowe. Proces opiera się na ręcznej pracy specjalistów z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi, gdzie technologie zwiększają bezpieczeństwo, chronią zdrowie lub wspierają organizację procesu.

Przemysł 4.0 stanowi kontynuację i rozwinięcie trzeciej rewolucji przemysłowej, która wprowadziła komputeryzację i automatyzację operacji na maszynach.

Kluczowym elementem nowej rewolucji są inteligentne roboty i maszyny oraz integracja istniejących już technologii, takich jak roboty przemysłowe i systemy automatyzacji.

Rola inżynierów, zwłaszcza automatyków, staje się kluczowa w procesie wdrażania idei Przemysłu 4.0.

**Robotyzacja i automatyzacja** procesów produkcyjnych są naturalnym i **koniecznym etapem** przygotowania przedsiębiorstwa do Przemysłu 4.0.

W ostatnich dwóch latach obserwuje się znaczący wzrost dynamiki inwestycji polskich przedsiębiorstw w tym obszarze.

**Koszty technologii**, w tym robotów przemysłowych, **znacząco spadły w ciągu ostatnich 20 lat**, co sprawia, że inwestycje, które wcześniej były nieopłacalne, teraz przynoszą zyski.

**Stanowiska zrobotyzowane nie są bezobsługowe.**

Nadzór, programowanie, monitorowanie i kontrola pracy maszyn i robotów nadal pozostają rolą inżynierów i wysoko wykwalifikowanych pracowników, co stwarza szansę na ich rozwój.

**Transformacja** w kierunku **Przemysłu 4.0** jest przede wszystkim **zmianą kulturową**, wymagającą zaangażowania menedżerów wysokiego szczebla, a często samych właścicieli firmy. To oni mają możliwość zmiany modelu biznesowego i uruchomienia znacznych środków na inwestycje.

Kluczowe potrzeby i kompetencje obejmują:

- rozwój kompetencji menedżerów, inżynierów i pracowników liniowych.  
Jest to jedna z wspólnych potrzeb dla wszystkich archetypów fabryk przyszłości.  
**Inwestowanie w ludzi równoległe z inwestowaniem w technologię**, zwiększa ich kompetencje techniczne i wiedzę biznesową, co prowadzi do konkurencyjności zakładów.
- ciągły rozwój inżynierów.  
Rozwój w kontekście integracji robotyki, sterowania, automatyzacji i technologii IT.
- wypracowanie myślenia biznesowego u inżynierów i pracowników operacyjnych.  
Umiejętność przekładania projektów na **wskaźniki biznesowe**, łączenie wizji i umiejętności zarządczych z inżynierską i operacyjną wiedzą generuje największą wartość.

Niezbędne są kompetencje w obszarach takich jak:

- praca zespołowa;
- realizacja projektów;
- rozwiązywanie problemów;

**Inżynier 4.0 musi być również otwarty na zmiany, szybkość w działaniu i elastyczność procesu.**

W obliczu zmian związanych z Przemysłem 4.0 **Branżowe Centrum Umiejętności** w odgrywa **kluczową rolę** w przygotowaniu nowych pracowników, ale też firm na wyzwania związane z rozwojem automatyzacji przemysłowej.

Rekomendacje koncentrują się na obszarach, które wymagają szczególnej uwagi, biorąc pod uwagę obecną sytuację polskiego przemysłu.

Branżowe Centrum Umiejętności powinno oferować **programy szkoleniowe**, które nie tylko zwiększają **kompetencje techniczne** inżynierów i operatorów, ale także ich **wiedzę biznesową**.

Inżynierowie powinni uczyć się, jak przekładać projekty technologiczne na wskaźniki biznesowe pokazujące wartość dodaną dla firmy.

Poza wiedzą specjalistyczną, BCU powinno skupić się na **kształtowaniu umiejętności pracy zespołowej**, realizacji projektów, rozwiązywania problemów, a także **otwartości na zmiany**. Takie podejście pozwoli kształtować profil „Inżyniera 4.0”.

Branżowe Centrum Umiejętności powinno aktywnie **promować** przesłanie, że **nowoczesne technologie automatyzacji i robotyzacji są przystępne nawet dla średnich zakładów produkcyjnych** z polskim kapitałem.

Należy zachęcać do pracy nad ciekawymi koncepcjami i przeliczania zwrotu z inwestycji.

Misją BCU mogłoby być również uwrażliwianie na popełnianie powszechnych błędów w robotyzacji. BCU powinno w swoim programie nauczania i procesach konsultacyjnych **kłaść nacisk na prewencję:**

- braku jasno określonego celu biznesowego;  
Szkolenia powinny wyposażać słuchaczy w wiedzę, jak precyzyjnie definiować problem, który robotyzacja ma rozwiązać (np. zwiększenie wydajności, ograniczenie kosztów, poprawa warunków pracy) i jak to przekłada się na wyniki biznesowe całej firmy.
- braku analizy technicznej i biznesowej przed inwestycją;  
Należy podkreślać znaczenie odpowiedniego planowania czasu na testy i dopracowanie aplikacji robotycznych.
- braku skalowalności maszyny;  
BCU powinno promować myślenie o inwestycji w robota jako o elemencie większego procesu, z uwzględnieniem integracji z innymi systemami i przyszłych potrzeb (skalowalności).
- błędnego założenia bezobsługowości stanowiska;  
Trzeba jasno komunikować, że robotyzacja wymaga wykwalifikowanego personelu do programowania, monitorowania i kontroli.

BCU powinno edukować z zakresu **promocji i wsparcia polskiej inżynierii**. Podkreślać znaczenie patentowania innowacyjnych rozwiązań, gdyż jest to słabą stroną polskiej gospodarki.

Branżowe Centrum Umiejętności może **inicjować i wspierać działania promujące osiągnięcia** polskich inżynierów i firm a przede wszystkim przyszłych inżynierów.

Ze względu na rosnącą cyfryzację, BCU w swoich działaniach edukacyjnych i promocyjnych powinno podkreślać znaczenie polityki i **narzędzi cyberbezpieczeństwa**.

Działania Branżowego Centrum Umiejętności w dziedzinie automatyki przemysłowej powinny wykraczać poza tradycyjne szkolenia techniczne.

Musi ono przyjąć **kompleksowe podejście**, które uwzględnia strategiczne aspekty Przemysłu 4.0, rozwija zarówno **twarde, jak i miękkie kompetencje** inżynierów, uczy unikania typowych błędów w robotyzacji oraz wspiera rozwój i promocję polskiej myśli technicznej.

Tylko w ten sposób polskie firmy będą mogły skutecznie przygotować się na nadchodzącą rewolucję i wzmocnić swoją konkurencyjność na globalnym rynku.

## 2.4. Współpraca robot – człowiek

Dokument „*Collaborative robots – How robots work alongside humans*” (Roboty współpracujące – Jak roboty współpracują z ludźmi) przygotowany przez IFR, International Federation of Robotics (2024) opisuje **tendencje rynkowe cobotów**, przewidując przyszłe kierunki rozwoju technologii w oparciu o **sztuczną inteligencję**.

W dokumencie przedstawione są praktyczne zastosowania cobotów w różnych gałęziach przemysłu oraz korzyści płynące z zastosowania cobotów, takie jak poprawa produktywności i elastyczności.

Robotyka współpracująca, coboty (od ang. collaborative robots), dynamicznie rozwija się. Jest to obszar automatyki przemysłowej, który koncentruje się na współpracy robotów z ludźmi w sposób bezpieczny i efektywny. Coboty to specjalne roboty projektowane tak, aby bezpiecznie i wydajnie pomagać człowiekowi bezpośrednio przy wykonywanych z jego udziałem procesach produkcyjnych. Dzięki zastosowaniu specjalnych czujników, które przekazują wszelkie niezbędne sygnały wejściowe i wielkości pomiarowe do centralnego układu sterującego możliwa jest bezpieczna współpraca cobota z człowiekiem.

W sektorze cobotów obserwuje się kilka kluczowych innowacji technologicznych i kierunków rozwoju, które kształtują przyszłość automatyki przemysłowej.

Coboty są coraz częściej wyposażane w zaawansowane systemy sensoryczne, takie jak systemy wizyjne 3D, kamery głębi i czujniki lidarowe. Sensory te umożliwiają cobotom postrzeganie i rozumienie otoczenia, co pozwala na inteligentniejszą i bezpieczniejszą interakcję z obiektami i ludźmi.

Trend wykorzystania AI i uczenia maszynowego stale rośnie. Producenci cobotów opracowują interfejsy oparte na generatywnej AI, które umożliwiają programowanie robotów bardziej

intuicyjnie, używając języka naturalnego zamiast kodu. Algorytmy AI pozwalają cobotom uczyć się na podstawie demonstracji człowieka i adaptować do nowych zadań. Predykcyjna AI analizuje dane dotyczące wydajności robotów, aby przewidywać przyszły stan sprzętu. W przyszłości nowe czujniki, technologie wizyjne i AI pozwolą robotom reagować w czasie rzeczywistym na zmiany w środowisku, co umożliwi im bezpieczniejszą i bardziej responsywną współpracę z ludźmi.

Stale rozwijane są nowe zastosowania dla cobotów, rozszerzając ich potencjalne obszary użycia. Prognozuje się, że w ciągu 5 lat powszechna stanie się prawdziwa kooperacja, gdzie robot i pracownik pracują jednocześnie, oboje w ruchu. W ciągu 10 lat przewiduje się, że na większą skalę pojawią się zastosowania, w których robot reaguje w czasie rzeczywistym na ruch pracownika (tzw. współpraca responsywna), co jest najbardziej zaawansowanym technicznie poziomem współpracy.

**Coboty** oferują **szybkie wejście w automatyzację**, co jest kluczowe dla firm dążących do cyfrowej transformacji. Są łatwe do programowania, często za pomocą ręcznego prowadzenia lub interfejsów tabletowych, co obniża barierę wejścia dla firm niezaznajomionych z robotyką. **Coboty** znacząco **zwiększają elastyczność produkcji**, umożliwiając tworzenie mobilnych stanowisk pracy, które można szybko wdrożyć i przestawić w zależności od potrzeb. Jest to szczególnie atrakcyjne dla firm z mniejszymi partiami produkcyjnymi i w branżach o stale zmieniających się potrzebach produkcyjnych.

Coboty są coraz bardziej **zintegrowane z cyfrowymi technologiami**, takimi jak IoT i cloud computing, co jest fundamentem Przemysłu 4.0, umożliwiając wymianę danych i inteligentne zarządzanie procesami.

**Coboty** są zaprojektowane do **pracy obok ludzi**, co odróżnia je od tradycyjnych robotów przemysłowych umożliwiając pracę bezpośrednio w istniejących obszarach produkcyjnych, co jest zgodne z koncepcją ergonomicznych i elastycznych środowisk pracy Przemysłu 4.0.

Coboty mogą wspierać pracowników w wykonywaniu zadań powtarzalnych lub wymagających podnoszenia ciężkich przedmiotów, pozwalając ludziom skupić się na bardziej złożonych lub kreatywnych aspektach pracy.

Wdrażanie cobotów generuje nowe potrzeby w zakresie kompetencji technicznych oraz pośrednio umiejętności miękkich.

Rozwijająca się automatyzacja staje w obliczu **niedoboru wykwalifikowanych pracowników**. Firmy, zwłaszcza małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP), często nie posiadają własnych ekspertów inżynierskich. Potrzebują rozwiązań, które są łatwe do programowania i integracji, co coboty często oferują dzięki funkcjom takim jak „lead-though teach” (programowanie poprzez prowadzenie ręczne) czy interfejsy tabletowe, jednak do tych czynności również potrzebne są odpowiednie kwalifikacje, które pracownicy mogą nabyć w **procesie upskillingu**.

Istnieje **potrzeba rozpowszechniania wiedzy na temat automatyzacji przemysłowej**, zwłaszcza wśród MŚP, aby mogły w pełni wykorzystać korzyści z robotyki.

W związku z powyższym kluczowymi kompetencjami są:

- programowanie cobotów;
- zdolność do programowania cobotów za pomocą ręcznego prowadzenia („lead-though teach”) lub interfejsów tabletowych;
- umiejętność programowania cobotów za pomocą języka naturalnego dzięki interfejsom opartym na generatywnej AI;
- zdolność do zarządzania i wdrażania;

Operatorzy powinni być w stanie samodzielnie zarządzać i wdrażać coboty.

- zrozumienie i przestrzeganie norm bezpieczeństwa;
- zrozumienie i umiejętność pracy z zaawansowanymi technologiami sensorycznymi;
- podstawowa wiedza o AI i uczeniu maszynowym;
- umiejętność monitorowania wydajności cobotów;

- umiejętność wykorzystania danych (np. z predykcyjnej AI) do optymalizacji ich pracy.

Zaawansowane technologie to: systemy wizyjne 3D, kamery głębi i czujniki lidarowe, które umożliwiają inteligentną interakcję cobotów z otoczeniem.

W kwestii umiejętności miękkich można założyć, że ważne będą:

- umiejętność przystosowania się do nowych technologii i zmieniających się ról w miejscu pracy;
- efektywna współpraca z robotami, szczególnie w scenariuszach kooperacji i responsywnej współpracy;
- zdolność do diagnozowania i rozwiązywania problemów w złożonych systemach człowiek-robot.

Poniższe **rekomendacje** mają na celu **pomoc Branżowemu Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu** w przygotowaniu specjalistów z kompetencjami odpowiadającymi aktualnym i przyszłym potrzebom rynku pracy w automatyce przemysłowej.

Ofertę Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu mogłyby wzbogacić:

- rozwój programów szkoleniowych z programowania cobotów, w tym moduły wprowadzające, programowanie, zarządzanie i wdrożenie;
- tworzenie kursów „quick entry” dla początkujących, skoncentrowanych na intuicyjnym programowaniu cobotów, co jest szczególnie cenne dla MŚP;
- wprowadzenie szkoleń z zakresu programowania z wykorzystaniem generatywnej AI przygotowując kadry na przyszłe wyzwania technologiczne;
- szkolenia umożliwiające operatorom samodzielne zarządzanie i wdrażanie cobotów w środowisku produkcyjnym;
- edukacja w zakresie bezpieczeństwa robotyki kolaboracyjnej;

- rozwijanie umiejętności w zakresie kompleksowej oceny ryzyka dla całej aplikacji kolaboracyjnej, nie tylko samego robota, ale także narzędzi, otoczenia i interakcji z człowiekiem;
- wprowadzenie modułów z podstawami sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, ze szczególnym uwzględnieniem, jak te technologie pozwalają cobotom na adaptację, uczenie się z demonstracji oraz konserwację predykcyjną;
- włączenie do programów nauczania zagadnień związanych z integracją cobotów z Internetem Rzeczy i chmurą obliczeniową, podkreślając ich rolę w cyfrowej transformacji;
- szkolenia z projektowania i zarządzania elastycznymi systemami produkcyjnymi;
- szkolenia z zarządzania mobilnymi stanowiskami pracy z wykorzystaniem cobotów;
- wykorzystanie studiów przypadków do praktycznego przedstawienia możliwości i wyzwań.
- aktywne działania na rzecz rozpowszechniania wiedzy o robotyce wśród MŚP;
- organizowanie warsztatów, seminariów i publikowanie materiałów, aby ułatwić im czerpanie korzyści z automatyzacji;
- współpraca z dostawcami cobotów w celu tworzenia programów;
- włączenie do programów wiedzy o mobilnych manipulatorach jako nowym i rosnącym obszarze zastosowań cobotów.

## 2.5. Transformacja cyfrowa polskiego przemysłu

Polski przemysł aktywnie uczestniczy w transformacji cyfrowej. Dominujące innowacje, kierunki rozwoju koncentrują się na optymalizacji procesów i kosztów, a także na zwiększeniu efektywności. Z analizy publikacji (*Technologie, usługi, produkty zmieniające polski przemysł. 2022*), które obrazują polski sektor przemysłowy w obszarach cyfryzacji i Przemysłu 4.0 można wysnuć spostrzeżenia na temat technologii i produktów, które wpływają na zmianę polskiego przemysłu.

Pełna automatyzacja procesów jest jednym z głównych kierunków rozwoju polskiego przemysłu, a automatyzacja procesów przemysłowych jest kluczowym rozwiązaniem technologicznym mającym pozytywny wpływ na rozwój firm, dążącym do zmniejszenia kosztów i ograniczenia czynnika ludzkiego. Ponadto pożądanymi kierunkami rozwoju są:

- **technologie optymalizacji energetycznej** na każdym etapie procesu produkcyjnego czy technologicznego, co jest kluczowe w kontekście redukcji emisji CO<sub>2</sub> oraz wymagań UE i polskiego ustawodawcy;
- **integracja systemów informatycznych**, technologii łączących główny system informatyczny (ERP) ze specjalistycznym oprogramowaniem, aby pełniej wykorzystać potencjał ERP i usprawnić przepływ danych, eliminując ręczne przenoszenie informacji;
- **bezpieczeństwo danych i cyberbezpieczeństwo**. Istnieje zapotrzebowanie na dodatkowe systemy szyfrujące dane i programy zabezpieczające technologie oparte na połączeniach sieciowych, szczególnie ze względu na ochronę informacji wrażliwych i obawę przed atakami cybernetycznymi. Firmy preferują rozwiązania lokalne, bez zewnętrznego dostępu;
- **rozwiązania chmurowe**, rozwój w kierunku najnowszych rozwiązań chmurowych, które zapewniają większą niezawodność, wirtualizację maszyn i dostęp do informacji z każdego miejsca na świecie;

- **modernizacja linii produkcyjnych** obejmująca wymianę części maszyn na nowe lub wdrożenie całkowicie nowych technologicznie urządzeń;
- **wirtualizacja serwerów** umożliwiającą obsługę wszystkich pojedynczych maszyn jednocześnie;
- **wprowadzenie systemów informatycznych** do zarządzania całością przedsiębiorstwa.

W kontekście transformacji cyfrowej, firmy koncentrują się na:

- **zdalnym sterowaniu** i dostępie do instalacji i **urządzeń niezależnie od lokalizacji** usprawniając pracę, zwiększając komfort i efektywność pracowników;
- **gromadzeniu** i analizie **danych**;
- **autonomicznych rozwiązaniach** i systemach informatycznych zdolnych do przewidywania, diagnozowania i podejmowania autonomicznych decyzji w procesach produkcyjnych.

Przemysł 4.0 ma znaczący wpływ na automatykę przemysłową w Polsce a optymalizacja procesów jest główną korzyścią wynikającą z transformacji cyfrowej.

Najbardziej **zaawansowanym obszarem** wdrażania rozwiązań **Przemysłu 4.0** jest **automatyzacja procesów produkcyjnych** w firmie.

Automatyzacja powtarzalnych prac jest korzyścią zwiększającą efektywność, nie bez znaczenia jest optymalizacja kosztów. Cyfryzacja umożliwia centralne sterowanie procesami, natomiast integracja komunikacji między urządzeniami i systemami ma szczególne znaczenie w procesach produkcyjnych.

Transformacja cyfrowa przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa oraz komfortu pracy pracowników. Zapewnienie ciągłości produkcji i jakości jest jedną z najważniejszych korzyści z zewnętrznych usług serwisowych.

Kilka kluczowych obszarów związanych z potrzebami kompetencyjnymi i umiejętnościami w polskim przemyśle, zarówno w zakresie umiejętności technicznych jak i umiejętności miękkich, które powiązane są z transformacją cyfrową oraz Przemysłem 4.0.

Potrzeby i luki kompetencyjne:

- **brak wykwalifikowanych pracowników**, był jednym z największych wyzwań w 2021r.;
- ograniczenia w kompetencjach pracowników;
- niedostateczna wiedza na temat najkorzystniejszych dla firmy rozwiązań cyfrowych.

Wymagane umiejętności techniczne:

- **znajomość technologii Przemysłu 4.0**, tym samym automatyki procesowej, rozwiązań chmurowych, systemów integracji ERP z oprogramowaniem specjalistycznym;
- wiedza o **alternatywnych źródłach energii**;
- **umiejętności z zakresu cyberbezpieczeństwa**, zdolność do wdrażania i zarządzania systemami szyfrującymi dane i programami zabezpieczającymi technologie sieciowe;
- **diagnostyka, naprawa i przeglądy aparatury kontrolno-pomiarowej**. Usługi te są najczęściej zlecane na zewnątrz, co wskazuje na potrzebę edukacji w tej dziedzinie;
- **analiza i zarządzanie danymi**, umiejętność gromadzenia, analizowania danych bieżących i historycznych oraz **rozumienie trendów**;
- **obsługa i optymalizacja linii produkcyjnych**, znajomość sposobów optymalizacji wydajności linii produkcyjnych.

Wymagane umiejętności miękkie:

- **świadomość** i zaangażowanie pracowników są kluczowe dla powodzenia **transformacji cyfrowej**;
- **strategiczne** i menadżerskie **myślenie**. Kadra zarządzająca nie jest w pełni skuteczna wdrażaniu rozwiązań Przemysłu 4.0, co wskazuje na potrzebę rozwoju zdolności przywódczych i strategicznego myślenia;

- sprawna **komunikacja** i **współpraca** między zespołami;
- **otwartość** na zmiany, umiejętność budowania i wzmocnienia kultury otwartości, adaptacji.

Polski przemysł stoi przed szeregiem wyzwań i barier, które spowalniają pełne wdrożenie i wykorzystanie potencjału Przemysłu 4.0 i transformacji cyfrowej.

Główne wyzwania zmapowane w 2021 roku to:

- problemy z łańcuchami dostaw;
- kwestie kadrowe, w tym brak wykwalifikowanych pracowników;
- koszty modernizacji;
- brak środków budżetowych na niezbędne modernizacje;
- niechęć pracowników do zmian;
- bezpieczeństwo IT i/lub konieczność ochrony informacji wrażliwych/strategicznych;
- trudności w przełożeniu problemów i potrzeb na rozwiązania cyfrowe;
- obawa pracowników przed możliwą utratą pracy;
- próby bezpośredniego przełożenia procesów analogowych na cyfrowe 1:1;
- **brak odpowiedniej oferty doradczej na rynku;**
- niska skuteczność kadry zarządzającej we wdrażaniu rozwiązań Przemysłu 4.0;
- brak strategii wdrażania Przemysłu 4.0;
- **brak szkoleń dla pracowników.**

Na podstawie wyszczególnionych wyzwań i barier, które dominowały w 2021 roku oraz analizy raportu rekomendacjami dla Branżowego Centrum Umiejętności w dziedzinie automatyki są:

- **programy szkoleniowe** uzupełniające luki w obszarze braku wykwalifikowanych pracowników oraz ograniczeniach w kompetencjach pracowników;
- oferta **kursów wprowadzających** oraz **kursów** dla bardziej **zaawansowanych** słuchaczy;

- **szkolenia** dla kadry zarządzającej lub z zakresu zarządzania, **zrozumienia strategii Przemysłu 4.0**, korzyści z cyfryzacji, **zarządzania zmianą, technologii optymalizacji procesów**;
- **kursy** z zakresu optymalizacji energetycznej, cyberbezpieczeństwa w systemach przemysłowych, rozwiązań chmurowych w przemyśle, diagnostyki aparatury kontrolno-pomiarowej, obsługi i optymalizacji wydajności linii produkcyjnych.

Branżowe Centrum Umiejętności może oferować wsparcie i kursy nie tylko ściśle związane z kompetencjami technicznymi, ale również wzbogacić swoją ofertę edukacyjną z zakresu wspierania **efektywnej komunikacji projektowej i pracy zespołowej**.

Programy Branżowego Centrum Umiejętności Nr 2 w Radomiu powinny uwzględniać aspekty psychologiczne transformacji, pokazując nowe role i możliwości dla pracowników w zautomatyzowanym środowisku.

BCU mogłoby oferować nie tylko szkolenia, ale i **doradztwo w zakresie dobrych praktyk i najnowszych trendów technologicznych**.

W analizowanej publikacji podkreślona jest rola **synergii działań sektora przemysłowego ze środowiskiem naukowym**. BCU mogłoby wzmocnić te powiązania, tworząc:

- programy stażowe,
- projekty badawcze
- wspólne kursy, które odpowiadają na rzeczywiste potrzeby rynkowe.

Wyzwanie, jakim jest edukacja pracowników a także z odzyskanie myślenia jedynie w kategorii tradycyjnych linii produkcyjnych jest obszarem, w którym BCU mogłoby działać, **promując nowoczesne podejścia i korzyści płynące z Przemysłu 4.0**.

## 2.6. Przemysł 4.0 zmienia świat pracy

Przemysł 4.0, oparty na sztucznej inteligencji (AI), Internecie Rzeczy (IoT) i analityce, zmienia świat pracy i życia. Zauważalna jest niezwykła prędkość zmian, skracanie cykli produktowych i wzrost znaczenia innowacji.

Kluczowe kierunki technologiczne obejmują:

- **optymalizację energetyczną i środowiskową.**

Przykład mogą stanowić firmy, takie jak FedEx, który inwestuje w modernizację floty i ulepszenia operacyjne, aby zmniejszyć intensywność emisji, co przynosi korzyści środowiskowe i ekonomiczne.

Programy takie jak FuelSense doprowadziły do znacznych oszczędności paliwa.

Nest Labs angażuje się w instalację energooszczędnych termostatów w domach o niskich, średnich dochodach łącząc innowacje technologiczne z wpływem społecznym.

- **generowanie nowych strumieni przychodów przez inicjatywy społeczne;**

Inicjatywy z pozytywnym wpływem społecznym są niezbędne dla utrzymania lub rozwoju ich działalności.

- **przejście od produktów do usług;**

Organizacje ewoluują od orientacji produktowej do usługowej.

- **kluczowe technologie Przemysłu 4.0** tj.: sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy, analityka.

- **zastosowanie technologii do rozwoju i usprawnień;**

Technologia umożliwia rozwiązywanie problemów dla szerokiej grupy klientów. Przykładem może być FedEx, który wykorzystuje zaawansowane możliwości technologiczne do optymalizacji opakowań przesyłek prowadząc do mniejszych strat oraz redukcji uszkodzeń i optymalizacji kosztów.

- **etyczne aspekty technologii;**

Liderzy zaczynają dostrzegać etyczne implikacje nowych technologii, choć niewielka liczba firm aktywnie dyskutuje na ten temat lub wprowadza odpowiednie polityki. Ważne jest, aby technologia nie „przejęła kontroli nad człowiekiem”, ale stawiała ludzi w centrum i dawała im kontrolę nad całym procesem.

Chociaż publikacja „*Success personified in the Fourth Industrial Revolution*” Deloitte Insights (2019) nie koncentruje się wyłącznie na automatyzacji przemysłowej, gdyż omawia szerszy wpływ Przemysłu 4.0 na funkcjonowanie przedsiębiorstw i ich podejście do technologii można wyłapać główne aspekty wpływu Przemysłu 4.0 na automatyzację.

Główne aspekty wpływu Przemysłu 4.0:

- **redefinicja sposobu, w jaki żyjemy i pracujemy**, zmuszając liderów biznesu do adaptacji i zwiększania świadomości szybkich zmian;
- **zmiana sposobu pracy**;  
Poprzednie pokolenia doświadczały automatyzacji w innej formie niż obecnie, ale również wpływało to na zmianę sposobu pracy. Prognozy wskazują, że automatyzacja i robotyka doprowadzą do stworzenia nowych miejsc pracy, ale ich charakter będzie inny, będzie w większym stopniu wymagał **umiejętności miękkich**.
- **technologiczne wsparcie**;  
Technologia będzie wspierać ludzi, a nie ich zastępować. To sugeruje, że automatyka przemysłowa będzie raczej uzupełniać ludzką pracę, a nie ją eliminować.
- **wyzwania etyczne**;  
Liderzy zaczynają dostrzegać etyczne implikacje nowych technologii. To wywołuje pytania, czy pewne rzeczy należy robić tylko dlatego, że są technicznie możliwe. Konieczne jest zrównoważenie innowacji z bezpieczeństwem i wolnościami obywatelskimi.

Rosnące wyzwania związane z talentami i umiejętnościami w erze Przemysłu 4.0, wskazują na różnice w postrzeganiu potrzebnych kompetencji przez menedżerów i młodszych pracowników.

Największym wyzwaniem jest niedopasowanie między obecnymi zestawami umiejętności a tymi, które będą potrzebne w przyszłości.

Kolejnym jest brak wiedzy o przyszłych umiejętnościach: pracownicy na szczeblach kierowniczych wskazują brak wiedzy o tym, jakie umiejętności będą potrzebne w przygotowaniu siły roboczej do Przemysłu 4.0.

Firmy mają **trudności z przyciąganiem i zatrzymywaniem talentów z niezbędnymi kompetencjami**. Oprócz hard skills coraz większe znaczenie mają soft skills. Bert Nappier (FedEx Express Europe) uważa, że automatyzacja zwiększy zapotrzebowanie na umiejętności zorientowane na usługi, takie jak **zdolność adaptacji, komunikacja, zwinność, krytyczne myślenie i umiejętność poprawnej oceny sytuacji**.

Ciekawą wzmianką jest ta, dotycząca oczekiwań młodszych pracowników względem pracodawców. Okazuje się, że oczekują oni zorganizowania programów prowadzonych przez pracodawców, które pomogą im osiągnąć lepsze wyniki.

Większość pracodawców nie wierzy, że publiczne systemy edukacji nadążają za tempem zmian technologicznych. Uważają, że wymagają one przeprojektowania. Sugerują **wprowadzenie** większej liczby **zajęć grupowych i projektowych** oraz wczesne **zapoznanie z technologiami** Przemysłu 4.0 na poziomie szkół średniej i studiów.

Przedsiębiorcy mierzą się z licznymi wyzwaniami i barierami w adaptacji do Przemysłu 4.0. Jedna trzecia liderów wskazuje brak wizji przywództwa jako główne wyzwanie w dostosowywaniu strategii do Przemysłu 4.0. Liderzy często czują, że mają zbyt wiele możliwości wyboru technologii, co utrudnia podjęcie decyzji. Jedna trzecia liderów uznaje silosy organizacyjne lub geograficzne za jedno z trzech głównych wyzwań w ustalaniu strategii Przemysłu 4.0, co ogranicza współpracę, wymianę wiedzy i innowacje. Niewielu twierdzi, że ich organizacje mają jasno zdefiniowane procesy decyzyjne. Uważają, że ich organizacje są nadmiernie skoncentrowane na krótkoterminowych wynikach, co utrudnia uzasadnienie

znaczących inwestycji początkowych w technologii Przemysłu 4.0. Widoczne są trudności w nadążaniu za szybkim tempem zmian i zrozumieniu wszystkich nowych możliwości napędzanych technologią.

Barierami w inwestycjach technologicznych są brak zrozumienia technologii Przemysłu 4.0. oraz brak uzasadnienia biznesowego dla inwestycji. Niewiele firm aktywnie dyskutuje o etycznym wykorzystaniu technologii lub ma wdrożone polityki w tym zakresie.

Jedną z większych barier w implementowaniu technologii z obszaru Przemysłu 4.0. są luki kompetencyjne, niedopasowanie umiejętności pracowników do wyzwań i zmian, trudności w przyciąganiu i zatrzymywaniu wykwalifikowanych pracowników. Pracownicy na szczeblu managerskim nie mają wystarczającej wiedzy o przyszłych potrzebach w zakresie umiejętności. Uważają, że systemy edukacji nie przygotowują absolwentów odpowiednio do wymagań Przemysłu 4.0.

W wyniku analizy można sformułować następujące rekomendacje dla Branżowego Centrum Umiejętności:

- **rozwijanie zintegrowanych programów szkoleniowych.**

BCU powinno tworzyć programy, które łączą umiejętności techniczne (STEM) z umiejętnościami miękkimi (soft skills) takimi jak komunikacja, praca zespołowa, krytyczne myślenie, zdolność adaptacji, osąd.

- **szkolenia dla obecnych pracowników.**

BCU powinno rozwijać elastyczne i dostępne programy podnoszenia kwalifikacji (upskilling) i przekwalifikowania (reskilling), aby sprostać oczekiwaniom pracodawców i pracowników.

- **pomoc w identyfikacji przyszłych potrzeb.**

BCU mogłoby oferować usługi doradcze i narzędzia do analizy potrzeb kompetencyjnych.

- **rozwój programów zewnętrznych.**

BCU może rozważyć tworzenie własnych programów stażowych i praktyk, wspierając firmy, które preferują a wręcz chciałyby rozwijać ofertę zewnętrznych programów szkoleniowych.

- **rozwój kompetencji z obszaru zarządzania zmianą.**

Szkolenia z wizji i strategii Przemysłu 4.0 na temat tworzenia długoterminowych strategii Przemysłu 4.0, zarządzania zmianą oraz nawigacji w obliczu wielu opcji technologicznych.

- **promowanie podejmowania decyzji opartych na danych.**

BCU powinno szkolić w zakresie wykorzystywania analizy danych do podejmowania strategicznych decyzji.

- **wspieranie współpracy i łamania silosów.**

Programy mogą obejmować szkolenia z efektywnej komunikacji międzyzespołowej i współpracy, aby przewyciężyć silosy organizacyjne, które ograniczają innowacje i wymianę wiedzy. Tego typu kursy będą przydatne dla osób, które już pracują w branży, ale również będą cennym źródłem dla młodych osób.

- **kształtowanie kultury innowacji.**

BCU powinno oferować wsparcie w podejmowaniu śmielszych inwestycji technologicznych i promować otwartość na innowacje. Można takie założenie realizować m.in. przez spotkania z autorytetami w tej dziedzinie, przedsiębiorcami z obszaru technologii, którzy w swoich biznesach wdrażają innowacje technologiczne.

- **integracja aspektów etycznych i społecznych.**

Kwestie etyczne są wymieniane jako jedna z barier w inwestowaniu w technologię, a niewiele firm ma odpowiednie polityki regulacyjne. BCU może inicjować spotkania i debaty na temat etycznych implikacji Przemysłu 4.0, ze szczególnym uwzględnieniem AI, IoT i automatyzacji.

- **rola adwokata zmian.**

Aktywna współpraca BCU z uczelniami, pracodawcami, firmami w celu tworzenia kursów edukacyjnych odpowiadających potrzebom Przemysłu 4.0, w tym promowania zajęć grupowych, projektowych i wczesnego kontaktu z technologiami.

- **promowanie pozytywnego obrazu automatyzacji.**

BCU powinno promować podejście, że automatyzacja i technologie Przemysłu 4.0 służą przede wszystkim wspieraniu i rozwijaniu ludzkiej pracy, a nie jej zastępowaniu. To może pomóc w przezwyciężeniu obaw pracowników i zachęcić młodych ludzi do zainteresowania się tego typu ścieżką kariery.

### 3. WNIOSKI, REKOMENDACJE, PROPOZYCJE DZIAŁAŃ

Warto podkreślić, że część rekomendacji została już przedstawiona w poprzednich podrozdziałach, gdzie formułowano je bezpośrednio w odniesieniu do analizowanych publikacji i materiałów źródłowych. Takie podejście pozwoliło na bieżąco zestawiać wnioski z publikacji z praktycznymi wskazaniem dla rozwoju Branżowego Centrum Umiejętności nr 2 w Radomiu. Niniejszy rozdział ma zatem charakter podsumowujący i syntetyzuje wcześniejsze obserwacje, grupując je w szersze wnioski i rekomendacje strategiczne.

Analiza sytuacji w obszarze automatyki przemysłowej i Przemysłu 4.0 wskazuje jednoznacznie, że **rozwój kompetencji technicznych i menedżerskich stanowi kluczowy** warunek utrzymania konkurencyjności polskich przedsiębiorstw. **Branżowe Centrum Umiejętności (BCU)** ma szczególną rolę do odegrania nie tylko jako instytucja szkoleniowa, lecz także jako **ośrodek integrujący potrzeby edukacyjne, technologiczne i biznesowe** w ramach krajowego ekosystemu innowacji.

Polskie przedsiębiorstwa i instytucje edukacyjne muszą intensyfikować działania w obszarze rozwoju kadr, szczególnie w zakresie IoT, cyberbezpieczeństwa, analizy danych i klasycznych umiejętności produkcyjnych, których niedobór w najbliższych latach będzie narastał.

Obecny **rynek pracy w automatyce i robotyce** charakteryzuje się **trwałym zapotrzebowaniem** na specjalistów i inżynierów, a prognozy wskazują, że **nie nastąpi przesycenie tym obszarem**.

W procesie kształcenia niezbędne jest równoczesne rozwijanie kompetencji technicznych (programowanie, analiza, integracja systemów) i miękkich (praca zespołowa, rozwiązywanie problemów, adaptacja do zmian).

Przemysł wymaga inżyniera nowego typu „inżyniera 4.0”, który jest zdolny do **łączenia wiedzy technologicznej z biznesową** oraz umiejącego przekładać innowacje na wymierne efekty gospodarcze.

Kluczowe staje się także **włączanie do edukacji zagadnień etycznych i społecznych** związanych z wykorzystaniem technologii, w tym **ochrony danych i cyberbezpieczeństwa**.

**Rekomendacje** dla Branżowego Centrum Umiejętności nr 2 w Radomiu:

- **rozwój programów edukacyjnych.**

Kształcenie techniczne należy uzupełniać o wiedzę biznesową, aby inżynierowie potrafili oceniać projekty technologiczne w kategoriach wartości dodanej dla przedsiębiorstwa.

- **rozwijanie umiejętności twardych, jak i miękkich.**

Umiejętności twarde: automatyka, robotyka, IoT, cyberbezpieczeństwo); umiejętności miękkie: zarządzanie projektami, kreatywność, komunikacja.

- **budowanie świadomości i prewencja błędów w robotyzacji;**

- **nauczanie konieczności przeprowadzania analiz techniczno-biznesowych przed wdrożeniem.**

Rozwijanie świadomości znaczenia jasno określonego celu biznesowego dla inwestycji w automatyzację.

- **promowanie myślenia o skalowalności rozwiązań i ich integracji z innymi systemami.**

- **uświadamianie, że robotyzacja nie eliminuje potrzeby wykwalifikowanego personelu.**

- **promocja innowacyjności i polskiej inżynierii.**

- **zachęcanie do ochrony własności intelektualnej poprzez patentowanie innowacyjnych rozwiązań.**

- **promowanie osiągnięć polskich inżynierów i firm, a także wspieranie młodych talentów** w obszarze STEM, ze szczególnym uwzględnieniem udziału kobiet.

- **wsparcie transformacji cyfrowej.**

- nacisk na **znaczenie cyberbezpieczeństwa** i wdrażanie praktycznych narzędzi ochrony danych.
- **aktywne promowanie zastosowań automatyzacji i robotyzacji** także w małych i średnich przedsiębiorstwach.

Branżowe Centrum Umiejętności powinno stać się platformą łączącą edukację, szkolenia branżowe i praktyczne doświadczenie w przedsiębiorstwach.

Kluczowe jest tworzenie **warunków do współpracy między edukacją, biznesem i producentami technologii**, aby zapewnić spójny rozwój kompetencji w duchu Przemysłu 4.0.

**Przykłady działań korespondujące z powyższymi rekomendacjami:**

- **rozwój programów edukacyjnych:**
  - wprowadzenie **modułów „Technologie IoT w praktyce”** z warsztatami programowania czujników, mikrokontrolerów i integracji systemów;
  - organizowanie **szkoleń typu mini-MBA** dla inżynierów, gdzie uczestnicy uczą się oceny projektów technologicznych, analizy kosztów i przewagi konkurencyjnej;
  - uruchomienie **kursów blended learning** (łączących e-learning i praktyczne zajęcia w laboratoriach automatyki).
- **budowanie świadomości i prewencja błędów w robotyzacji:**
  - **symulacje wdrożeń** w laboratoriach BCU, pozwalające uczestnikom przećwiczyć proces inwestycyjny od analizy po uruchomienie;
  - tworzenie **„case studies”** na podstawie polskich firm, które z sukcesem lub porażką wdrożyły robotyzację. Omawianie ich jako materiałów dydaktycznych.
- **promocja innowacyjności i polskiej inżynierii:**
  - **konkursy dla uczniów** i studentów, gdzie nagradzane byłyby projekty prototypów lub wdrożeń;

- **tworzenie bazy dobrych praktyk** i polskich patentów w obszarze automatyki, dostępnej online;
- organizowanie **dni otwartych w BCU** dla szkół średnich, ze szczególnym programem **zachęcającym** dziewczęta do **STEM**.
- **wsparcie transformacji cyfrowej:**
  - oferowanie **krótkich kursów typu bootcamp dla MŚP** z zakresu podstawowych technologii Przemysłu 4.0 (cyfrowe bliźniaki, analityka danych);
  - **prowadzenie doradztwa** dla małych i średnich zakładów, pokazującego tanie i skalowalne rozwiązania automatyzacyjne;
  - **tworzenie laboratoriów demonstracyjnych** (showroomów) z udziałem producentów robotów i systemów automatyki.
- **kompleksowe podejście do kształcenia:**
  - **budowa systemu staży** przemysłowych we współpracy z firmami produkcyjnymi, obowiązkowy element ścieżki szkoleniowej;
  - **rozwój programów reskillingowych** dla pracowników w średnim wieku, zagrożonych utratą pracy w wyniku automatyzacji;
  - **organizacja programów mentoringowych**. Doświadczeni inżynierowie-praktycy jako opiekunowie młodych adeptów automatyki.

Branżowe Centrum Umiejętności w dziedzinie automatyki przemysłowej ma szansę stać się centralnym ośrodkiem wspierającym transformację polskiego przemysłu. Jego rola nie powinna ograniczać się wyłącznie do prowadzenia kursów technicznych, lecz obejmować również kształtowanie postaw przedsiębiorczych, wspieranie innowacyjności, promocję polskiej myśli inżynierskiej oraz przygotowywanie pracowników i firm do wyzwań związanych z cyfryzacją i Przemysłem 4.0. Tylko takie podejście zapewni polskim przedsiębiorstwom trwałą konkurencyjność na globalnym rynku.