



# ROLA DOŚWIADCZEŃ UŻYTKOWNIKA W ERZE PRZEMYSŁU 5.0

Anna Hamera

University of Bielsko-Biala, Interdisciplinary Doctoral School, Poland

**Corresponding author:**

Anna Hamera

University of Bielsko-Biala

Interdisciplinary Doctoral School

Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biala, Poland

phone: +48 513602236

e-mail: hamera.annamaria@gmail.com

---

## THE ROLE OF USER EXPERIENCE IN THE ERA OF INDUSTRY 5.0

### ABSTRACT

Industry 5.0 builds upon the principles established by Industry 4.0, placing a stronger emphasis on human-centered design within industrial systems. Unlike its predecessor, which focused primarily on automating processes and maximizing efficiency, Industry 5.0 aims to harmonize advanced technology with human needs, prioritizing well-being and environmental sustainability. This approach integrates technologies such as artificial intelligence, robotics, and the Internet of Things, shaping global economic growth in a more inclusive and socially responsible direction. In this context, User Experience (UX) design becomes essential, as it enhances the interaction between users and complex technological systems, making them more intuitive and responsive to user needs. This study explores the origins of Industry 5.0, detailing its foundational technologies and examining how they align with the principles of human-centered design. Key technologies – like collaborative robots (cobots), AI-driven data analytics, and augmented reality – are discussed in relation to their impact on improving the user experience. By focusing on UX, Industry 5.0 not only aims to optimize operational efficiency but also addresses broader social and environmental goals. Through UX methodologies, industry innovations can achieve a balance between technological advancement and the well-being of individuals, promoting sustainable and human-centric growth across various sectors.

### KEYWORDS

Human-centric design, industry 5.0, user-centered innovation, user experience, digital transformation.

---

## 1. Wprowadzenie

Przemysł 5.0, będący ewolucją koncepcji Przemysłu 4.0, kładzie nacisk na podejście do projektowania innowacyjnych rozwiązań skoncentrowanych na człowieku. Nowatorskie podejście do systemów przemysłowych, integrujące zaawansowane technologie z uwzględnieniem potrzeb i dobrostanu człowieka stanowi nowy kierunek rozwoju światowej gospodarki. W tym kontekście, doświadczenia użytkownika odgrywają kluczową rolę w optymalizacji interakcji między użytkownikami a systemami technologicznymi. W niniejszej pracy autor bada, jak koncepcja UX wspiera nowe paradygmaty przemysłowe, poprawiając równocześnie wydajność technologiczną i satysfakcję użytkowników. Wyjaśnia również genezę Przemysłu 5.0, opisuje kluczowe elementy technologiczne oraz ich zbieżność z ideami projektowania zorientowanego na człowieka, podkreślając znaczenie UX w tworzeniu innowacyjnych i efektywnych rozwiązań przemysłowych.

## 2. Rewolucje przemysłowe

Okres rozpoczęcia się rewolucji przemysłowych był kluczowym punktem w historii ludzkiej cywilizacji. Idea ta charakteryzuje się znaczącymi postęпами technolo-

gicznymi, które w decydujący sposób przekształciły różne branże.

### 2.1. Od Przemysłu 1.0 do 3.0

Pierwsza rewolucja przemysłowa, która rozpoczęła się w XVIII wieku, wprowadziła technologie oparte na parze [8]. Proces ten był związany z transformacją poprzez gospodarkę opartą na rolnictwie oraz produkcji manufakturowej bądź rzemieślniczej do modelu opierającego się głównie na zmechanizowanej produkcji. Kluczową rolę odegrał w niej rozwój silnika parowego [5].

W czasie drugiej rewolucji przemysłowej, która miała miejsce na przełomie XIX i XX wieku, nastąpił rozwój elektryczności oraz rozpoczęcie implementacji linii produkcyjnej umożliwiającej organizowanie produkcji masowej, co przyczyniło się do zwiększenia efektywności i produktywności przemysłu. Wprowadzenie elektrycznie napędzanej produkcji masowej było kluczowym elementem tej ery, oznaczającym przejście w kierunku bardziej wydajnych procesów produkcyjnych. Bazowała ona na założeniach Przemysłu 1.0 koncentrując się na dalszej mechanizacji i optymalizacji procesów produkcyjnych [23].

W drugiej połowie XX wieku pojawił się Przemysł 3.0, który koncentrował się na automatyzacji w fabrykach – zaczęto stosować roboty przemysłowe i sys-

temy sterowania cyfrowego. Jego celem było stworzenie okazji do oszczędności finansowych poprzez zwiększenie efektywności i produktywności przedsiębiorstw. Kluczowe postępy technologiczne w tym okresie obejmowały pojawienie się tranzystora, mikroprocesora oraz wykorzystanie systemów technologii informacyjnej do automatyzacji. Optymalizacja linii produkcyjnych bazowała na zastąpieniu fizycznej pracy ludzkiej maszynami i komputerami. Dążono do tego, aby rola człowieka w procesie produkcji była minimalizowana [9, 35].

## 2.2. Przemysł 4.0

Koncepcja Przemysłu 4.0 została zainicjowana przez koalicję reprezentantów przemysłu, środowiska akademickiego oraz rządu niemieckiego jako część strategicznej inicjatywy o nazwie „Platforma Przemysłu 4.0” (*Plattform Industrie 4.0*) podczas jednego z największych targów przemysłowych na świecie Hannover Messe w 2011 roku. Wprowadzenie tej idei stanowiło element szerszego programu zwanego „Hightech-Strategie 2020”, który miał na celu stymulowanie innowacji oraz procesów cyfryzacji w niemieckim sektorze przemysłowym. Przemysł 4.0, znany również jako czwarta rewolucja przemysłowa, charakteryzuje znaczący postęp technologiczny poprzez integrację ludzi, maszyn i produktów, co tworzy nowy model systemu produkcyjnego umożliwiającego szybką i ukierunkowaną wymianę informacji [36].

Transformacja ta obejmuje rozwój aspektów takich jak: systemy cyberfizyczne (CPS), Internet Rzeczy (IoT), Big Data, sztuczna inteligencja, zaawansowana robotyka, produkcja addytywna, rzeczywistość rozszerzona (AR), wirtualna rzeczywistość (VR), symulacje, integracja pozioma i pionowa, przetwarzanie w chmurze oraz cyberbezpieczeństwo. Wdrożenie strategii Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach poprzedzone musi być oceną dojrzałości organizacji, aby określić jej gotowość i zdolności do implementacji tych conceptów i technologii [4].

Podsumowując, Przemysł 4.0 reprezentuje zmianę paradygmatu produkcji przemysłowej, wykorzystując zaawansowane technologie do zwiększenia efektywności, konkurencyjności, elastyczności i innowacyjności wspartych zrównoważonym rozwojem w różnych sektorach gospodarki. Racjonalizacja i optymalizacja struktur przemysłowych pozytywnie wpływają na rozwój innowacji i postęp gospodarczy.

## 2.3. Przemysł 5.0

Przemysł 5.0 stanowi koncept mający na celu uzupełnienie i rozwinięcie założeń Przemysłu 4.0 w kierunku dobrobytu społecznego i szacunku dla środowiska. Koncepcja ta koncentruje się na integracji technologii w celu wzmocnienia zasobów ludzkich i działań społecznych, dążąc do poprawy jakości życia i ułatwienia codziennych zadań poprzez postęp technologiczny. Idea ta ma na celu adresowanie obaw społecznych i napędzanie zrównoważonego wzrostu gospodarczego poprzez re-

definicję procesów i wartości przemysłowych, oferując rozwiązania na pojawiające się w ostatnich latach wyzwania społeczno-ekonomiczne i środowiskowe [25].

### 2.3.1. Historia Przemysłu 5.0

Koncepcja Społeczeństwa 5.0 wprowadzona została przez Rząd Japoński w ramach piątego Planu Podstawowego Nauki i Technologii (*Science and Technology Basic Plan*), jako cel i ambicja, do których dążyć chce Japonia w kontekście swojego społeczeństwa. Idea skupia się na stworzeniu „wysoko inteligentnego społeczeństwa”, które bez trudu poradzi sobie z wyzwaniami, które stawia przed nim nowoczesność [14]. Stała się ona bazą i inspiracją do dalszej implementacji nie tylko w kontekście samego społeczeństwa, ale także w strefie gospodarczej. Początki koncepcji Przemysłu 5.0 (*Industry 5.0*) można wiązać z powstałymi dokumentami i dyskusjami, które miały miejsce w Europie około 2020 roku. W dyskusjach tych Przemysł 5.0 został przedstawiony jako sposób na zwiększenie nie tylko produktywności i efektywności przemysłowej, ale także jakości życia pracowników przy zachowaniu równowagi środowiskowej. Komisja Europejska formalnie przedstawiła Przemysł 5.0 jako kluczowy krok w kierunku bardziej zrównoważonego i inkluzywnego rozwoju przemysłowego, który promuje zwiększoną integrację i współpracę pomiędzy ludźmi a maszynami w procesach produkcyjnych. Określono Przemysł 5.0 jako sposób na przywrócenie równowagi między automatyzacją a pracą ludzką, promując model gospodarczy, który jest bardziej zrównoważony, odporny i zorientowany na człowieka [10, 14, 22, 34].

Jako kolejny krok do praktycznej realizacji założeń Przemysłu 5.0 postanowiono o założeniu Wspólnoty Praktyk Przemysłu 5.0 (*The Industry 5.0 Community of Practice*, CoP 5.0). Została ona oficjalnie uruchomiona 16 listopada 2023 roku, a następnie odbyła się pierwsza wspólna sesja grup roboczych CoP 5.0. Początkowa faza działalności CoP 5.0 zaplanowana była od listopada 2023 do maja 2024 roku. W tym okresie wspólnota podzielona na dwie grupy robocze, które koncentrują się na:

- przeprowadzeniu analizy tematycznej z naciskiem na podejście ekosystemu uczenia się,
- rozwijaniu prototypu narzędzia do uczenia się i oceny Przemysłu 5.0.

Jednocześnie CoP 5.0 będzie sporządzać inwentaryzację projektów pilotażowych i inicjatyw Przemysłu 5.0, przyczyniając się do kompleksowego mapowania postępów w kierunku implementacji zasad Przemysłu 5.0 w Europie. Pozwoli to na wymianę doświadczeń i szybszy rozwój inicjatyw realizujących koncepcję Przemysłu 5.0 w krajach wspólnoty europejskiej. Pierwsza sesja plenarna odbędzie się w Brukseli w październiku 2024 roku. W trakcie jej trwania CoP 5.0 omówi i przeanalizuje wstępne rezultaty swoich badań i zaangażuje się w dyskusje dotyczące przyszłych kierunków rozwoju i realizacji wspólnych projektów [14].

### 2.3.2. Główne założenia

Przemysł 5.0 to koncepcja, która podkreśla znaczenie integracji odporności (*resilience*), zrównoważonego rozwoju (*sustainability*) oraz przywrócenia kluczowej roli człowieka (*human-centric*) w operacjach i łańcuchach dostaw [24]. Ma na celu połączenie ludzkiej kreatywności z zaawansowanymi technologiami, aby osiągnąć rozwiązania produkcyjne efektywne pod względem zasobów i preferowane przez użytkowników [20].

Ta ewolucja nie tylko przekształca procesy przemysłowe, ale także wprowadza nowy paradygmat marketingowy i sprzedażowy z masową personalizacją, podnosząc w procesie znaczenie poszczególnych konsumentów [21].

Jest postrzegana jako rozwiązanie zorientowane na człowieka, które stworzy więcej miejsc pracy, niż ich zlikwiduje [26]. Stanowi to znaczącą odmianę myślenia wobec założeń wcześniejszych rewolucji przemysłowych, gdzie rola człowieka była stopniowo zmniejszana.

### 2.3.3. Kluczowe elementy technologii

Erę Przemysłu 5.0 oprócz dbałości o dobrostan społeczeństwa i środowiska, cechują nowoczesne technologie, których popularność rośnie w ostatnich latach. Wybrane z nich opisano w niniejszym rozdziale.

#### 2.3.3.1. Roboty współpracujące

Roboty współpracujące, znane również jako coboty, są rodzajem robotów zaprojektowanych do pracy obok ludzi w wspólnej przestrzeni roboczej. Są wyposażone w czujniki i zaawansowane technologie, które umożliwiają bezpieczną interakcję z ludźmi, wspólne wykonywanie zadań oraz adaptację do zmieniających się warunków środowiskowych. Coboty są szeroko stosowane m.in. w branżach takich jak motoryzacyjna czy elektroniczna, wykonując zadania od montażu i operacji typu pick-and-place po kontrolę jakości i pakowanie [28].

#### 2.3.3.2. Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja (*Artificial Intelligence*, AI) jest wykorzystywana m.in. do automatyzacji procesów decyzyjnych i operacyjnych poprzez zaawansowane algorytmy uczenia maszynowego, które analizują i interpretują duże zbiory danych, umożliwiając optymalizację produkcji i minimalizację błędów.

#### 2.3.3.3. Analiza zbiorów Big Data

Big Data w połączeniu z analizą danych umożliwia podejmowanie decyzji opartych na danych (*data-driven decisions*) oraz projektowanie oparte na danych (*data-driven design*), co znajduje zastosowanie także w projektowaniu doświadczeń użytkownika (UX design) w kontekście różnorodnych interfejsów – nie tylko webowych i mobilnych, ale także dedykowanych ekranów urządzeń na produkcji. Dzięki analizie dużych zbiorów danych, organizacje mogą odkrywać wzorce i wysuwać wnioski, które wpływają na strategiczne decyzje, od

optymalizacji procesów po trafne dopasowanie interfejsów użytkowników. W kontekście UX, dane pozwalają na głębsze zrozumienie potrzeb i zachowań użytkowników, co prowadzi do tworzenia bardziej intuicyjnych i skutecznych rozwiązań. Wykorzystanie Big Data w projektowaniu UX umożliwia więc tworzenie bardziej spersonalizowanych programów, co w erze cyfryzacji jest kluczowe dla realizacji założeń Społeczeństwa 5.0.

#### 2.3.3.4. Cyfrowe bliźniaki

Cyfrowy bliźniak (*Digital Twin*) to zaawansowany model cyfrowy, który dokładnie odwzorowuje fizyczny obiekt, proces lub system. Technologia ta umożliwia symulowanie, monitorowanie i analizowanie danych z realnego świata w czasie rzeczywistym, co pozwala na dogłębne zrozumienie stanu obiektu i jego zachowania w różnych sytuacjach i pod różnymi warunkami. Cyfrowe bliźniaki są stosowane zarówno w inżynierii produkcji, jak i np. w medycynie, oferując znaczące korzyści w optymalizacji procesów, zwiększaniu wydajności i redukcji kosztów operacyjnych. Dzięki integracji z technologiami takimi jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i analiza dużych zbiorów danych, cyfrowe bliźniaki umożliwiają tworzenie bardziej dopracowanych i elastycznych systemów zarządzania, które lepiej reagują na zmieniające się warunki i wymagania.

#### 2.3.3.5. Nanotechnologie i inteligentne materiały

Współczesne nanotechnologie i inteligentne materiały oferują rewolucyjne możliwości w tworzeniu zaawansowanych materiałów o unikalnych właściwościach, takich jak autoregeneracja czy zmiana właściwości jako reakcja na zmiany warunków środowiskowych (np. temperatury), co otwiera nowe możliwości w projektowaniu produktów i ich zastosowaniu.

#### 2.3.3.6. Efektywność energetyczna i odnawialne źródła energii

Efektywność energetyczna w inteligentnych miastach (*smart cities*) jest wspierana przez zastosowanie zaawansowanych technologii zarządzania energią, które integrują nie tylko Internet Rzeczy (IoT) i sztuczną inteligencję (AI), ale również uwzględniają rozwiązania do gromadzenia energii (*energy harvesting*). Technologia ta pozwala na pozyskiwanie energii z różnych dostępnych źródeł odnawialnych, takich jak energia słoneczna, ciepła czy kinetyczna, co jest kluczowe dla zasilania sensorów i urządzeń IoT bez potrzeby zewnętrznych źródeł prądu. Implementacja inteligentnych sieci energetycznych (*smart grids*) czyli sieci elektrycznych wykorzystujących technologie cyfrowe, nowoczesne czujniki oraz oprogramowanie do optymalizacji dopasowania podaży do popytu na energię elektryczną w czasie rzeczywistym, minimalizuje koszty oraz zapewniają stabilność i niezawodność sieci. Wprowadzenie takich innowacji, jak systemy oświetleniowe z automatyczną regulacją oraz inteligentne systemy zarządzania budynkami, które dostosowują zużycie energii

do aktualnych potrzeb użytkowników, dodatkowo obniża całkowite zapotrzebowanie na energię, umożliwiając zrównoważony rozwój urbanistyczny i redukując ślad węglowy emitowany przez miasta.

### 2.3.3.7. Inteligentne czujniki

Inteligentne czujniki (*smart sensors*), reprezentują ewolucję technologii Internetu Rzeczy (IoT) zapoczątkowanej w erze Przemysłu 4.0, rozwijając jej potencjał i oferując głębszą integrację oraz wysokorozwinięte możliwości analityczne.

Te zaawansowane technologicznie urządzenia samodzielnie zbierają, przetwarzają i wysyłają dane w czasie rzeczywistym, co umożliwia nie tylko pasywne ich monitorowanie, ale także aktywne samoczynne adaptowanie się do zmieniających się warunków operacyjnych. W kontekście przemysłowym, inteligentne czujniki mogą np. dostosowywać parametry operacyjne maszyn w reakcji na anomalie procesowe zidentyfikowane jako odchylenia od normy produkcyjnej, co przyczynia się do zwiększenia wydajności linii produkcyjnej i minimalizacji czasu przestoju. Zaawansowana integracja inteligentnych czujników z systemami IoT w ramach Przemysłu 5.0 prowadzi do tworzenia wysoce zautomatyzowanych i samoregulujących się systemów produkcyjnych, kluczowych dla optymalizacji efektywności operacyjnej i redukcji negatywnego wpływu na środowisko.

### 2.3.3.8. Produkcja addytywna

Produkcja addytywna (*additive manufacturing*), zwana również wytwarzaniem przyrostowym, to technologia umożliwiająca tworzenie obiektów przez sukcesywne dodawanie materiału warstwa po warstwie, co jest znaczącym odejściem od tradycyjnych metod obróbki skrawaniem. Technologia ta znajduje zastosowanie w wielu branżach, od lotnictwa po protetykę, umożliwiając szybkie prototypowanie, personalizację produktów oraz produkcję skomplikowanych geometrii, które byłyby trudne lub niemożliwe do wykonania tradycyjnymi metodami. Rozwój drukarek 4D wprowadza dodatkowy wymiar – czas, pozwalając obiektom drukowanym zmieniać swoje właściwości lub kształt w odpowiedzi na bodźce zewnętrzne (wspomniane wyżej inteligentne materiały), takie jak temperatura czy wilgotność. Drukarki 4D stanowią przyszłościowy rozwój produkcji przyrostowej, gdzie przedmioty mogą samodzielnie adaptować się do zmieniających się warunków, co ma potencjalne zastosowanie w medycynie, robotyce, a także w produkcji elementów konstrukcyjnych i elementów odzieży.

### 2.3.3.9. Rozszerzona rzeczywistość (AR) i wirtualna rzeczywistość (VR)

Rozszerzona rzeczywistość (*Augmented Reality*, AR) i wirtualna rzeczywistość (*Virtual Reality*, VR) to technologie, które radykalnie zmieniają sposób interakcji człowieka z cyfrowym światem. AR superponuje

cyfrowe informacje na rzeczywisty świat, oferując użytkownikom możliwość zobaczenia dodatkowych warstw informacji nałożonych na ich realne otoczenie, co jest szczególnie cenne w przemyśle, edukacji i handlu. Natomiast VR tworzy całkowicie wirtualne środowisko, w którym użytkownicy mogą w pełni się zanurzyć, co znajduje zastosowanie np. w ćwiczeniach, symulacjach oraz rozrywce. Obie technologie oferują znaczące możliwości dla sektorów takich jak medycyna, gdzie mogą służyć np. do szkolenia chirurgów, gdzie umożliwiają interaktywne uczenie się, czy inżynierii, poprawiając zrozumienie złożonych projektów i procesów produkcyjnych, minimalizując koszty wdrażania pracowników np. poprzez brak konieczności wyłączania linii produkcyjnej na potrzeby szkolenia.

### 2.3.3.10. Inteligentne interfejsy człowiek-maszyna i UX

Inteligentne interfejsy człowiek-maszyna (*Smart HMI*) i świadomie projektowane doświadczenie użytkownika (UX) są kluczowe dla zapewnienia intuicyjnej i efektywnej interakcji między ludźmi a zaawansowanymi systemami technologicznymi, co zwiększa akceptację i efektywność wdrażania nowych rozwiązań technologicznych [12, 22, 34].

## 2.3.4. Człowiek w centrum

Przemysł 5.0 to koncepcja zintegrowania ludzkiej wiedzy z zaawansowanymi technologiami, takimi jak m. in. sztuczna inteligencja i robotyka, w celu stworzenia nowoczesnych środowisk produkcyjnych, gdzie ludzie i maszyny działają wspólnie w sposób synergiczny, skupiając się na personalizacji, efektywności i produktywności. Czynniki ludzkie nie są już czymś co ma być wykluczone lub ograniczone, jak w przypadku Przemysłów 1.0–4.0, ale nabiera na randze i znaczeniu zarówno stawiając przed gospodarką nowe wyzwania, jak i rozwiązując niektóre z nich (np. problem wykluczenia społecznego) [26]. Zgodnie z definicją Komisji Europejskiej „niniejsze podejście prezentuje wizję przemysłu, która wykracza poza efektywność i produktywność jako jedyne cele, wzmacniając rolę i wkład przemysłu w społeczeństwo. Umieszcza dobrostan pracownika w centrum procesu produkcyjnego i wykorzystuje nowe technologie do zapewnienia dobrobytu wykraczającego poza miejsca pracy i wzrost gospodarczy, przy jednoczesnym szacunku dla granic produkcyjnych planety” [14].

## 3. Społeczeństwo 5.0

Z ideą Przemysłu 5.0 wiąże się także koncepcja Społeczeństwa 5.0 (*Society 5.0*) „Super Smart Society”, gdzie ludzka wiedza i inteligencja „przenoszone” są do maszyn i robotów, jednak będąc nadal kontrolowanymi przez ludzi. Celem nadrzędnym jest inkluzywność i dostosowanie rozwoju technologicznego do potrzeb ludzi – nie tylko młodych i zdrowych, ale także reprezentantów społeczeństwa posiadających niepełnosprawno-

ści (stałe, tymczasowe i sytuacyjne), będących seniorami (*silver age*) czy napotykalających inne wykluczenia (np. ekonomiczne). W literaturze można spotkać wręcz określenie „Przemysł 5.0 = Przemysł 4.0 + Społeczeństwo 5.0” (*Industry 5.0 = Industry 4.0 + Society 5.0*) [22].

Koncepcja Społeczeństwa 5.0 została po raz pierwszy przedstawiona jako „społeczeństwo zorientowane na człowieka, w którym rozwój gospodarczy i rozwiązywanie problemów społecznych są ze sobą kompatybilne dzięki wysoko zintegrowanemu systemowi cyberprzestrzeni i przestrzeni fizycznej”. Aby ucieleścić i zrealizować koncepcję Społeczeństwa 5.0 przedstawioną w piątym Planie Podstawowym Nauki i Technologii, szósty Plan Podstawowy Nauki, Technologii i Innowacji (decyzja japońskiej Rady Ministrów z dnia 26 marca 2021 roku) opisuje Społeczeństwo 5.0 jako „społeczeństwo zrównoważone i odporne na zagrożenia oraz nieprzewidywalne i niepewne sytuacje, które zapewnia bezpieczeństwo i ochronę ludzi oraz umożliwia jednostkom realizację różnorodnego dobrobytu” [31].

Milowym krokiem w kierunku wypełnienia tych przesłanek jest uchwalenie Europejskiego Aktu o Dostępności (*The European Accessibility Act, EAA*), czyli dyrektywy mającej na celu poprawę dostępności produktów i usług na terenie Unii Europejskiej [14]. Jak podaje Portal Funduszy Europejskich „dyrektywa dotyczy produktów i usług ocenionych jako podstawowe dla swobodnego funkcjonowania osób z niepełnosprawnościami w codziennym życiu (np. komputerów, smartfonów, terminali płatniczych w sklepach, urzędzeń do odprawy samoobsługowej, automatów wydających bilety kolejowe oraz usług, w tym usług e-handlu i bankowości detalicznej). Celem dyrektywy jest ułatwienie dostępu do produktów i usług maksymalnie dużej liczbie osób, niezależnie od ich sprawności czy szczególnych potrzeb, oraz zwiększanie społecznej świadomości na temat dostępności. Dzięki dostępności społeczeństwo staje się bardziej włączające, otwarte na potrzeby wszystkich oraz korzystające z potencjału wszystkich obywateli” [6].

#### 4. Projektowanie zorientowane na człowieka

Projektowanie zorientowane na człowieka (*Human-Centred Design*), jest podejściem wielodyscyplinarnym, które priorytetowo traktuje aktywny udział użytkowników końcowych w całym procesie projektowania w celu lepszego zrozumienia ich realnych potrzeb i wyzwań. Człowiek stawiany jest w centrum, a technologia i finalny projekt są jedynie drogą do rozwiązania jego problemów. W praktyce stosuje się projektowanie iteracyjne np. wg metody design thinking, które znacząco ułatwia planowanie i przeprowadzanie procesu projektowego, z uwzględnieniem informacji zwrotnej (*feedback*) na każdym etapie tworzenia. Pozwala to na szybką reakcję, elastyczność operacyjną, a w konsekwencji znaczną oszczędność kosztów.

Podejście HCD znalazło z powodzeniem zastosowanie w różnych dziedzinach życia ludzkiego, w tym w informatyce w kontekście interakcji człowiek-komputer. Podstawowe zasady obejmują zrozumienie kontekstu użytkownika, określenie wymagań i regularną weryfikację rozwiązania. Poprzez skupienie na użytkownikach i ich wyzwaniach, wykorzystanie iteracyjnych procesów projektowych oraz włączanie empirycznych pomiarów i ocen, HCD znacznie podnosi pewność, że ostateczny produkt skutecznie odpowiada na potrzeby użytkowników [11, 12, 19].

#### 5. Doświadczenia użytkownika (UX)

Wiele osób z branży przemysłowej, jak i naukowców ze środowiska akademickiego, podjęło się zdefiniowania czym jest doświadczenie użytkownika (*User Experience*). Poniżej przedstawiono kilka z proponowanych definicji:

- Zgodnie z normą ISO 9241-110:2010 doświadczenie użytkownika definiowane jest jako: „percepcje i reakcje osoby, które wynikają z używania i/lub przewidywanego użycia produktu, systemu czy usługi” [30].
- Alben: „Wszystkie aspekty dotyczące sposobu, w jaki ludzie używają interaktywnego produktu: to, jak produkt leży w dłoniach, jak dobrze rozumieją jego działanie, jakie uczucia towarzyszą im podczas używania, na ile dobrze spełnia on ich potrzeby oraz jak dobrze wpasowuje się w cały kontekst jego używania” [2].
- Hassenzahl i Tractinsky: „Konsekwencja wewnętrznego stanu użytkownika (predyspozycje, oczekiwania, potrzeby, motywacja, nastroj itp.), charakterystyki zaprojektowanego systemu (np. złożoność, cel, użyteczność, funkcjonalność itp.) oraz kontekstu (lub środowiska), w którym interakcja ma miejsce (np. ustawienia organizacyjne/społeczne, znaczenie aktywności, dobrowolność używania itp.)” [15].
- Jetter i Gerken, „UX zawiera nie tylko tradycyjne wartości, takie jak niezawodność, funkcjonalność czy użyteczność, ale również nowe i trudne do uchwycenia koncepcje z zakresu projektowania wizualnego lub przemysłowego, psychologii czy badań marketingowych, np. atrakcyjność, stymulację, przyjemność, „fajność”, czy skuteczne dostarczanie wartości marki” [16].
- Desmet i in.: „Cały zestaw afektów, które są wywołane przez interakcję między użytkownikiem a produktem, w tym stopień, w którym są zaspokojone wszystkie nasze zmysły (doświadczenie estetyczne), znaczenia, które przypisujemy produktowi oraz uczucia i emocje, które są wywołane (doświadczenia emocjonalne)” [7].
- Nielsen: „Wszystkie aspekty interakcji końcowego użytkownika z firmą, jej usługami i produktami. Pierwszym wymogiem dla przykładowego doświadczenia użytkownika jest spełnienie dokładnych potrzeb klienta bez zbędnych komplikacji czy problemów. Kolejne to prostota i elegancja, które produkują

ją przedmioty będące radością w posiadaniu i użytkowaniu. Prawdziwe doświadczenie użytkownika wykracza daleko poza dostarczanie klientom tego, co deklarują, że chcą, lub zapewnianie funkcji z listy kontrolnej” [29].

- Roto: „Termin, który opisuje uczucia użytkownika w stosunku do konkretnego produktu, systemu czy obiektu podczas i po interakcji z nim. Na te uczucia wpływają różne aspekty, takie jak oczekiwania użytkownika, warunki, w jakich interakcja ma miejsce oraz zdolność systemu do zaspokojenia aktualnych potrzeb użytkownika” [33].

Przegląd literatury wskazuje, że doświadczenie użytkownika (UX) to koncepcja wielowymiarowa i trudna do jednoznacznego i ścisłego zdefiniowania, co wynika z różnorodności interpretacji tego pojęcia przez różnych badaczy. Wynika to z przyjmowanych przez nich perspektyw – od humanistycznych po techniczne, a także tendencji w rozumowaniu w oparciu o wiedzę rodzimą dla branż, z których się wywodzą. Pokazuje to jak kluczowe znaczenie w projektowaniu rozwiązań ma współistnienie celów pragmatycznych oraz hedonistycznych, które wymagają stosowania świadomie dobranych metod projektowych i badawczych w zależności od założeń produktu.

Ponadto, doświadczenie użytkownika nie ogranicza się tylko do użyteczności, lecz obejmuje również emocjonalne i doświadczalne aspekty korzystania z technologii [33]. Poszczególne doświadczenie użytkownika często ma charakter subiektywny i wynika bezpośrednio z interakcji konkretnego człowieka z produktem, systemem, usługą lub przedmiotem, co czyni je zindywidualizowanym [15].

Podsumowując, UX reprezentuje holistyczne podejście do projektowania i interakcji, koncentrując się na jakości doświadczeń użytkownika, które wykraczają poza szeroko rozumianą funkcjonalność. Obejmuje ono aspekty emocjonalne, estetyczne i technologiczne, które odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu percepcji użytkowników, ich zaangażowania oraz ogólnego zadowolenia z korzystania z technologii.

## 6. UX w kontekście Przemysłu 5.0

Czwarta i piąta rewolucja przemysłowa różnią się przede wszystkim tym, że w Przemysle 4.0 skupiano się na cyfryzacji i technologii, a w Przemysle 5.0 głównie uwaga skierowana jest na klienta i jego potrzeby. Piąta rewolucja przemysłowa stworzona jest nie po to by dostarczać towary i usługi, ale osiągać cele społeczeństwa, która za nimi stoją np. czynić ludzi bogatszymi, spełnionymi życiowo, czy mądrzejszymi. Aby realizacja tego celu była możliwa, konieczne jest skupienie się na człowieku i jego realnych potrzebach, a dopiero później znalezienie rozwiązania, które sprawdzi się w jego przypadku. Dotyczy to zarówno produktów cyfrowych, jak i fizycznych, a także wszelkiego rodzaju usług [34]. Komisja Europejska podkreśla kluczowe znaczenie przyjęcia podejścia zorientowanego na człowieka (*human-*

*centered*) w przypadku technologii cyfrowych, w tym sztucznej inteligencji [14]. W erze Społeczeństwa 5.0 istotne jest rozwijanie umiejętności i cech, które można zdobyć poprzez eksploracyjne działania mające na celu samodzielne odkrywanie problemów i znajdowanie rozwiązań [31].

Jak łatwo można zauważyć, wytyczne zbieżne są z założeniami projektowania w nurcie stawiania człowieka w centrum (*Human-Centred Design*) i wykorzystania metod opracowywania rozwiązań na bazie realnych potrzeb ich odbiorców, co jest podejściem znanym z branży UX (*User Experience*). Doświadczenie użytkownika (UX) służy jako narzędzie do mierzenia systemów, aby zapewnić ich użyteczność, niezawodność, skalowalność i możliwość utrzymania przed dostarczeniem użytkownikom.

Ocena praktyki projektowania doświadczeń użytkownika (*UX Design*) w przemyśle wymaga zastosowania ram oceny aktualnego stanu mierników UX, aby skutecznie ocenić skuteczność wdrożenia praktyk UX [18]. Adresowanie kluczowych problemów UX jest niezbędne dla projektowania i rozwoju nowoczesnych rozwiązań informatycznych, podkreślając znaczenie doświadczenia użytkownika w projektowaniu systemów. Badanie i promowanie implementacji praktyki UX w przemyśle poprzez eksperymentalne badania może zwiększyć doświadczenia interakcyjne i ułatwić tworzenie nowych rozwiązań Interfejsu Człowiek-Maszyna (*Human-Machine Interface*) [1]. Zrozumienie praktyk projektowania doświadczeń użytkownika w przemyśle, jak dowodzą studia przypadków z firm informatycznych, podkreśla rosnące znaczenie zwiększenia uwagi na UX w ostatnich latach [3].

Jak podkreśla Armando Martin, autor książki „Industry 5.0. Introductory guide to the fifth industrial revolution”: „Najciekawszym trendem ze świata konsumentów, który niewątpliwie będzie miał wpływ na świat Przemysłu 5.0, jest jakość doświadczenia użytkownika podczas korzystania z HMI. Jakość wpływa na poziom zaufania operatora, a interfejs zapewnia użytkownikowi narzędzie, za pomocą którego może przeprowadzić zaplanowane działania. Dlatego twórcy technologii są coraz bardziej świadomi UX. Projektowanie doświadczenia użytkownika obejmuje tradycyjną interakcję człowiek-maszyna i rozciąga się na wszystkie aspekty produktu lub usługi (projekt, grafikę, interakcje fizyczne, dostęp do danych itp.) postrzegane przez użytkownika” [10].

## 7. Studia przypadków UX w przemyśle

Dziedzina UX znajduje szerokie zastosowanie w nowoczesnych przedsiębiorstwach – zarówno w kontekście tworzenia rozwiązań stricte technologicznych i mechanicznych, jak i dbania o dobrostan ludzki, w szczególności pracowników sektora gospodarczego, gdzie podejście Przemysłu 5.0 jest sukcesywnie wdrażane. Poniżej przedstawiono przykłady studium przypadku omówionej koncepcji.

### 7.1. Określenie stresujących warunków pracy

Praca pt. „UX assessment strategy to identify potential stressful conditions for workers” [17] prezentuje zaawansowaną strategię oceny doświadczenia użytkownika (UX) w kontekście identyfikacji potencjalnych warunków stresogennych dla operatorów w nowoczesnych zakładach przemysłowych. Praca ta, wspierana przez Europejską Wspólnotę w ramach programu HORYZONT 2020 (umowa grantowa nr 958303, projekt PENELOPE), wprowadza innowacyjne podejście polegające na wykorzystaniu zestawu dyskretnych w użyciu urządzeń do monitorowania parametrów fizjologicznych oraz psychologicznych pracowników. Dzięki zastosowaniu algorytmów oceny UX możliwe jest obliczanie zmiennych związanych z obciążeniem mentalnym i fizycznym, co prowadzi do głębszego zrozumienia wpływu warunków pracy na stan psychiczny i wydajność operatorów. Badanie zostało przeprowadzone przy użyciu symulacji wirtualnej rzeczywistości (VR), imitującej zadania w zakresie produkcji rur naftowych i gazowych, co umożliwiło dokładną identyfikację i analizę potencjalnych źródeł stresu w rzeczywistym środowisku pracy [27].

### 7.2. Naprawa sprzętu wspomagana AR

Publikacja naukowa z października 2023 roku, zatytułowana „UX and Industry 5.0: A Study in Repairing Equipment Using Augmented Reality” [32], koncentruje się na zastosowaniu technologii rozszerzonej rzeczywistości (*Augmented Reality*) w kontekście naprawy sprzętu przemysłowego. W badaniu wzięło udział 18 uczestników reprezentujących trzy różne środowiska pracowników: użytkowników ogólnych, specjalistów IT oraz ekspertów od projektowania zorientowanego na człowieka. Wyniki badania wskazują na generalnie pozytywną ocenę wdrożonego systemu, przy jednoczesnym zidentyfikowaniu obszarów wymagających usprawnienia. Analiza wykazała istotne różnice w percepcji doświadczenia użytkownika (UX) pomiędzy grupami zawodowymi, a także zróżnicowanie w odbiorze w zależności od doświadczenia analitycznego uczestników, co podkreśla znaczenie podejścia zorientowanego na użytkownika oraz potrzebę głębszego zrozumienia interakcji między ludźmi a nowoczesnymi interfejsami użytkownika w adaptacji do innowacji technologicznych, które oferuje Przemysł 5.0 [17].

### 7.3. Ideacja wspierana AR i VR

Studium przypadku pt. „An Extended AI-Experience: Industry 5.0 in Creative Product Innovation” autorstwa Amy Grech, Jörna Mehnen i Andrew Wodehouse analizuje wpływ zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) i sztucznej inteligencji (AI) na proces ideacji produktów w kontekście inżynierii. Przeprowadzona analiza bibliograficzna pozwoliła autorom na zidentyfikowanie i zrozumienie zależności między wymienionymi technologiami a kreatywnym generowaniem koncepcji produktowych. W dalszej części bada-

nia dokonano przeglądu współczesnych wyzwań związanych z grupową ideacją oraz technologii stanowiących aktualny stan wiedzy, mając na celu zastosowanie tych rozwiązań do przekształcenia istniejących scenariuszy ideacji w środowisko wirtualne z wykorzystaniem AI. Głównym celem badania było poszerzenie doświadczeń kreatywnych projektantów, zgodnie z założeniami Przemysłu 5.0, akcentującego centralną rolę człowieka oraz wynikające z tego korzyści społeczne i ekologiczne. Badanie wprowadza innowacyjne podejście do burzy mózgów jako dynamicznej i angażującej aktywności, w której uczestnicy są aktywnie zaangażowani poprzez integrację technologii AI i VR. Wzmacnianie tego procesu kreatywnego następuje poprzez trzy kluczowe obszary: facylitację, stymulację i immersję, realizowane przez inteligentne moderowanie zespołu, zaawansowane techniki komunikacyjne oraz dostęp do wielozmysłowych bodźców. Wyniki te otwierają nowe perspektywy dla dalszych badań w zakresie Przemysłu 5.0 i inteligentnego rozwoju produktów, podkreślając znaczenie integracji nowoczesnych technologii w procesach kreatywnych [32].

### 7.4. Projektowanie UX w firmach technologicznych

Artykuł pt. „User Experience Design Practices in Industry (Case Study from Indonesian Information Technology Companies)” [27] bada praktyki projektowania doświadczeń użytkownika (UX) w kontekście przemysłowym, na przykładzie sześciu indonezyjskich firm technologicznych. W badaniu zastosowano podejście jakościowe z wykorzystaniem metod opisowych, aby zbadać, jak procesy projektowania UX są wdrażane w praktyce przemysłowej. Wyniki pokazały, że większość z poddanych analizie firm technologicznych wdraża procesy projektowania UX jako część swoich procesów i uważa je za istotny element rozwoju oprogramowania. Każda z firm posiada własny wariant implementacyjny i indywidualne priorytety w zakresie procesów projektowania UX oraz stosuje ustalone kroki procesu projektowania UX, aby sprostać wymaganiom rozwoju produktu. Badanie ujawniło również, że istnieją różne podejścia do procesów projektowania UX wśród badanych firm [13].

## 8. Podsumowanie

Założenia piątej rewolucji przemysłowej zostają spełnione, gdy jej trzy kluczowe składniki – inteligentne urządzenia, inteligentne systemy oraz zaawansowana automatyzacja – zostaną w pełni zintegrowane z rzeczywistością fizyczną w synergii z ludzką inteligencją. Określenie „automatyzacja” w tym kontekście odnosi się do autonomicznych robotów (cobotów) funkcjonujących jako inteligentne podmioty, które współdziałają z ludźmi w tej samej przestrzeni operacyjnej. Współpraca i wzajemne zaufanie między tymi dwiema stronami procesu przyczyniają się do osiągnięcia wyższej efektywności, udoskonaleniu produkcji, minimalizacji odp-

dów oraz możliwości dostosowania procesów produkcyjnych do indywidualnych potrzeb. W ten sposób, rewolucja ta przyczyni się do reintegracji pracowników do środowiska pracy oraz zwiększenia efektywności procesów produkcyjnych [26]. Cechą wspólną wszystkich nowoczesnych technologii jest to, że choć w różnych formach i postaciach, każda z nich potrzebuje swojego rodzaju interfejsu do komunikacji z człowiekiem. Natomiast wszędzie gdzie interfejs tam pojawia się projektowanie doświadczeń użytkownika. Rola świadomego projektowania doświadczeń użytkowników (UX) okazuje się kluczowa w osiąganiu stawianych przez Przemysł 5.0 celów. To skupienie na realnych potrzebach, wyzwaniach, ale i problemach ludzkich umożliwia wykorzystanie pełni potencjału płynącego z synergii człowieka i zaawansowanej technologii. Implementacja zasad UX w Przemysle 5.0 zyskuje na znaczeniu, ponieważ przyczynia się do rozwoju bardziej intuicyjnych i wydajnych środowisk pracy. Ponadto uwzględnienie zasad dostępności i inkluzywności otwiera na rynek pracy ogromny potencjał społeczny związany z włączeniem osób z ograniczeniami m.in. wynikającymi z niepełnosprawności oraz seniorów. Skutkować będzie to społeczeństwem dojrzałszym, mądrzejszym, włączającym w proces sprawczy wszystkich swoich obywateli.

## Literatura

- [1] A current state performance framework for the evaluation of user experience design (UXD) practice in industry, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2S2), 206–214, 2019.
- [2] Alben L., *Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design*, *Interactions*, 3.3, 11–15, 1996.
- [3] Ardito C., Buono P., Caivano D., Costabile M. F., Lanzilotti R., *Investigating and promoting UX practice in industry: an experimental study*, *International Journal of Human-Computer Studies*, 72, 6, 542–551, 2014.
- [4] Brun L.R.A., Pereira-Guizzo C.D.S., *Analysis of the implementation of industry 4.0 strategy in companies in the state of Mato Grosso*, *Blucher Engineering Proceedings*, 2020.
- [5] Chalvantharan A., *Economic feasibility and water footprint analysis for smart irrigation systems in palm oil industry*, *Sustainability*, 15, 10, 8069, 2023.
- [6] Council for Science, Technology and Innovation Cabinet Office, Government of Japan. Report on The 5th Science and Technology Basic Plan, December 18, 2015.
- [7] Desmet P., Hekkert P., *Framework of product experience*, *International Journal of Design*, 1, 57–66, 2007.
- [8] Eason G., Noble B., Sneddon I.N., *On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions*, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A247, 529–551, April 1955.
- [9] Elmoselhy S., *Computer-aided manufacturing for mass production of non-conventional shapes made of the alloying of a heterogeneous composite metallic glass matrix with nano-meter-sized elements*, *Advances in Mechanical Engineering*, 7, 7, 168781401559459, 2015.
- [10] European Commission. Research and Innovation. Industry 5.0, [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en).
- [11] European Accessibility Act, <https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/fundusze-europejskie-bez-barrier/dostepnosc-plus/dostepnosc-dla-biznesu/european-accessibility-act-eea/>, dostęp 06.05.2024.
- [12] Garcia-Lopez C., Mor E., Tesconi S., *Human-centered design as an approach to create open educational resources*, *Sustainability*, 12, 18, 7397, 2020.
- [13] Grech A., Mehnen J., Wodehouse A., *An extended AI-Experience: Industry 5.0 in creative product innovation*, *Sensors*, 23, 3009, 2023.
- [14] Ghobakhloo M., Iranmanesh M., Tseng M.-L., Grybauskas A., Stefanini A., Amran A., *Behind the definition of Industry 5.0: a systematic review of technologies, principles, components, and values*, *Journal of Industrial and Production Engineering*, 1–16, 2023.
- [15] Hassenzahl M., Tractinsky N., *User Experience – a research agenda* [Editorial], *Behavior & Information Technology*, 25, 2, 91–97, 2006.
- [16] Jetter H., Gerken J., *A simplified model of user experience for practical application*, 106–111, 6, 2006.
- [17] Khamaisi R.K., Brunzini A., Grandi F., Peruzzini M., Pellicciari M., *UX assessment strategy to identify potential stressful conditions for workers*, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 78, 102403, 2022.
- [18] Law E., Roto V., Hassenzahl M., Vermeeren A., Kort J., *Understanding, scoping and defining user experience*, 2009.
- [19] Lenk J., Lüdtke A., Puchkovskiy A., Javaux D., Vrononen G., Scotti G. et al., *Impact of improved ergonomics, collaboration, and HCI in ground operations: the AERG study at ESOC*, *SpaceOps 2014 Conference*, 2014.
- [20] Ivanov D., *The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives*, *International Journal of Production Research*, 2022.
- [21] Maddikunta P.K.R., Pham V.Q., Prabadevi B., Depa N., Dev K., Gadekallu T., Ruby R., Liyanage M., *Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications*, *Journal of Industrial Information Integration*, 2021.
- [22] Martin A., *Industry 5.0. Introductory guide to the fifth industrial revolution*, *Editoriale Delfino*, 1.01.2023.
- [23] Moloi T., Marwala T., *Introduction to artificial intelligence in economics and finance theories*, 1–12, 2020.



- [24] Monastyrova J., *Industry 5.0: How to Become a Business Leader Through the Fusion of Human and Artificial Intelligence: The manual for entrepreneurs and experts*, Independently published, 1.12.2023.
- [25] Moura L.R., Kohl H., *Maturity Assessment in Industry 4.0 – A Comparative Analysis of Brazilian and German Companies*, 2020, <https://www.ijournalse.org/index.php/ESJ/article/view/385>.
- [26] Mert H., *Industry 5.0, Digital Society, and Consumer 5.0*, Advances in Human and Social Aspects of Technology Book Series, 11–33, 2023.
- [27] Nugraha I., Fatwanto A., *User experience design practices in industry (case study from Indonesian information technology companies)*, Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education), 6, 1, 49–60, 2021.
- [28] Nahavandi S., *Industry 5.0 – A Human-Centric Solution*, Sustainability, 2019.
- [29] Nielsen-Norman Group. Nielsen-Norman Group: About User Experience, <http://www.nngroup.com/about/userexperience.html>, dostęp 15.05.2024.
- [30] Pagano A., Shehab S., Liebenberg L., *Work in progress: introducing students to human-centered design in a design for manufacturability course*, 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access Proceedings, 2020.
- [31] Pizoń J., Cioch M., Kanski Ł., Sánchez García E., *Cobots implementation in the era of Industry 5.0 using modern business and management solutions*, Advances in Science and Technology Research Journal, 16, 166–178, 2022.
- [32] Ribeiro I., Carrança A., Sousa N., Rocha J., Santos E., Evangelista L., Ferreira A., Adão T., Sousa E., *UX and Industry 5.0: A study in repairing equipment using augmented reality*, 2023.
- [33] Roto V., Kaasinen E., *The second international workshop on mobile internet user experience*, 571–573, 2008.
- [34] Sever M.M., *Industry 5.0 = Industry 4.0 + Society 5.0 „Technology for People”: With real case examples and scenarios from service industries (Hospitals, Hospitality, Recreation & Education)*, Literaturk Academia, 20.02.2024.
- [35] Tien J., *The next industrial revolution: Integrated services and goods*, Journal of Systems Science and Systems Engineering, 21, 3, 257–296, 2012.
- [36] Yeheskel O., Globerson S., *The impact of the fourth industrial revolution on organizational control*, International Journal of Human Resource Studies, 10, 4, 255, 2020.