

Rozdział 7. Nowe trendy w rozwoju technologii

<https://doi.org/10.18559/978-83-8211-268-9/7>



Sebastian Narojczyk

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

sebastian.narojczyk@ue.poznan.pl

New trends in technology development

This chapter examines the dynamic and unprecedented pace of technological development in the 21st century, focusing on key trends that are reshaping industries and everyday life. The discussion centers around seven pivotal areas: machine learning (ML), artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), virtual reality (VR), augmented reality (AR), 5G networks, and robotic process automation (RPA). Each trend is analysed for its significance, applications, and impact on business operations and innovation.

The chapter highlights AI and ML as transformative forces driving advancements in automation, data analysis, and decision-making processes. IoT is presented as a foundational technology connecting devices and enabling real-time data exchange, crucial for smart homes, cities, and industries. VR and AR are explored as immersive tools revolutionising training, product development, and customer engagement. The emergence of 5G technology is discussed as a critical enabler of high-speed, low-latency communication essential for IoT expansion and next-generation applications. Finally, RPA is identified as a key driver of efficiency, automating repetitive tasks and allowing employees to focus on strategic initiatives.

By synthesising these trends, the chapter provides a comprehensive overview of their current status, challenges, and future prospects. The analysis underscores their role in shaping a digitally-driven world and offers insights into leveraging these technologies for competitive advantage and sustainable growth.

Keywords: machine learning, artificial intelligence, Internet of Things, virtual reality, augmented reality, 5G networks, robotic process automation, digital transformation.

Sugerowane cytowanie

Narojczyk, S. (2025). Nowe trendy w rozwoju technologii. W: S. Narojczyk, D. Nowak, F. Remlein i K. Romanchuk, *Przedsiębiorstwa w erze globalnych kryzysów i przemian technologicznych. Aspekty ekonomiczne, społeczne i prawne* (s. 132–160). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-268-9/7>



Ta książka jest udostępniana na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe

Wprowadzenie

Współczesny rozwój technologiczny charakteryzuje się dynamicznym i bezprecedensowym tempem, prowadząc do głębokich zmian w niemal każdej dziedzinie życia. Od momentu pojawienia się komputera osobistego w drugiej połowie XX wieku, a następnie upowszechnienia jego dostępności, technologiczne innowacje zaczęły redefiniować granice możliwości, kształtując nowe paradygmaty w nauce, przemyśle oraz codziennym życiu. Szczególnym katalizatorem tych przemian było jednak pojawienie się i umasowienie internetu w latach 90. XX wieku, co umożliwiło powszechny dostęp do globalnych zasobów wiedzy, szybką komunikację oraz rozwój umiejętności posługiwania się technologią. Bez tej cyfrowej infrastruktury i zdolności do jej wykorzystania implementacja nowych trendów technologicznych, takich jak sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, internet rzeczy czy rozszerzona rzeczywistość, byłaby znacznie utrudniona, a w wielu przypadkach niemożliwa. W niniejszym rozdziale przedstawione zostanie siedem kluczowych obszarów, które w ostatnich latach stały się przedmiotem intensywnych badań i wdrożeń:

- uczenie maszynowe (ML),
- sztuczna inteligencja (AI),
- internet rzeczy (IoT),
- wirtualna rzeczywistość (VR),
- rozszerzona rzeczywistość (AR),
- sieć 5G,
- zrobotyzowana automatyzacja procesów (RPA).

Wybór wymienionych obszarów technologicznych jest podyktowany kilkoma istotnymi przesłankami, które odzwierciedlają ich centralne miejsce w dzisiejszym krajobrazie innowacji i rozwoju technologicznego (tabela 7.1).

Tabela 7.1. Uzasadnienie wyboru kluczowych trendów technologicznych

Przesłanka	Opis
Intensywność badań i wdrożeń	technologie takie jak AI, ML, IoT, VR, AR, 5G i RPA są intensywnie badane i wdrażane na całym świecie, co wynika z ich potencjału do rewolucjonizacji różnych sektorów
Znaczenie dla biznesu	każdy z trendów przynosi bezpośrednie korzyści biznesowe, takie jak zwiększenie efektywności, poprawa doświadczeń klientów oraz automatyzacja procesów.

Przesłanka	Opis
Reakcja na zmiany społeczne i technologiczne	technologie te odpowiadają na zmieniające się oczekiwania społeczne i technologiczne, wspierając adaptację i innowacje w różnych sektorach gospodarki
Perspektywa przyszłościowa	technologie wskazują na potencjał dalszego rozwoju i transformacji, kształtując przyszłość innowacji i cyfrowej transformacji w globalnym środowisku gospodarczym

Źródło: opracowanie własne.

W ten sposób wybór wymienionych obszarów technologicznych jako tematów głównych jest uzasadniony przez ich aktualność, strategiczne znaczenie oraz potencjał do dalszego rozwoju, co czyni je nieodzownymi elementami współczesnych badań naukowych i praktyki biznesowej.

Celem niniejszego rozdziału jest zidentyfikowanie i scharakteryzowanie nowych trendów technologicznych. Każdy wymieniony wyżej obszar technologiczny zostanie przedstawiony w kontekście jego znaczenia, zastosowań oraz wpływu na różne aspekty funkcjonowania przedsiębiorstw.

7.1. Sztuczna inteligencja

Pojęcie sztucznej inteligencji jest nierozzerwalnie związane z rozwojem technologii informatycznych. Głównym wyznacznikiem i celem jest stworzenie systemu wykazującego oznaki inteligentnego myślenia (Pleban, b.d.). Sztuczna inteligencja nie jest współczesnym wynalazkiem, lecz wynikiem wielowiekowej fascynacji ludzkości ideą tworzenia inteligentnych maszyn. Korzenie sztucznej inteligencji sięgają starożytnych mitów i legend o automatonach i golemach. Formalizacja sztucznej inteligencji jako dziedziny wiedzy rozpoczęła się w połowie XX wieku. Chociaż wywodzi się ona z informatyki, jej zastosowania i zakres wykraczają poza ramy jednej dyscypliny naukowej. Sztuczna inteligencja stanowi obecnie narzędzie wspierające różnorodne działania w obszarze funkcjonowania gospodarek, społeczeństw oraz wielu dziedzin nauki. Jej interdyscyplinarny charakter pozwala na integrację wiedzy z takich obszarów, jak matematyka, statystyka, psychologia poznawcza, lingwistyka, a także nauki społeczne i ekonomia. Taka perspektywa pozwala lepiej zrozumieć rolę sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu złożonych problemów współczesnego świata oraz jej wpływ na transformację cyfrową w wielu sektorach życia. Radosiński (2001) uważa, że sztuczna inteligencja to nauka, która zajmuje się konstruowaniem systemów komputerowych, imitujących zachowania tradycyjnie przypisywane posiadanej przez człowieka inteligencji (rozumienie języka, uczenie się, wyciąganie wniosków, analizowanie, przewidywanie itp.).

Sztuczna inteligencja (SI) składa się z dwóch elementów: inteligentnych agentów (IA) oraz inteligentnych systemów (IS). Umożliwiają one organizacjom wykonywanie inteligentnych i kognitywnych działań integrujących procesy biznesowe z zadaniami, co sprzyja innowacyjności (Bhatt i in., 2024, s. 3). Intelligentni agenci to ludzka inteligencja i intuicyjna zdolność do tworzenia kreatywnych i nowatorskich pomysłów napędzających innowacje w organizacji, co stanowi przewagę konkurencyjną dzięki myśleniu opartemu na doświadczeniu. Intelligentni agenci charakteryzują się kreatywnym myśleniem, umiejętnościami rozwiązywania problemów oraz zdolnościami intuicyjnymi, a także posiadają cechy analityczne i eksploracyjne (Aziki i Fadili, 2022, s. 454). Intelligentni agenci są fundamentem budowy silnej sztucznej inteligencji, gdyż opierają się na ludzkiej kognicji i zdolnościach uczenia się. Inteligentnego agenta można porównać do dziecka, które potrafi szybko uczyć się i przyswajać nowe idee, w tym świadomość, samouczenie się i inne cechy ludzkiej inteligencji. Zrozumienie sztucznej inteligencji (SI) wymaga zgłębienia fascynującej i szybko ewoluującej dziedziny, która dąży do odwzorowania i wzmocnienia ludzkiej inteligencji za pomocą komputerów i algorytmów. Sztuczna inteligencja znalazła zastosowanie w szerokim zakresie branż i dziedzin, zmieniając sposób, w jaki żyjemy i pracujemy.

Zatem można powiedzieć, że sztuczna inteligencja to dyscyplina informatyki koncentrująca się na opracowywaniu maszyn i algorytmów, które wykazują cechy zbliżone do ludzkiej inteligencji, takie jak adaptacja do zmieniających się warunków, zdolność uczenia się i rozumienia abstrakcyjnych pojęć. W ramach sztucznej inteligencji stosowane są różnorodne techniki, w tym: systemy ekspertowe, sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, logika rozmyta oraz teoria gier. Ich dokładny opis został zamieszczony w tabeli poniżej (tabela 7.2).

Rozwój technologii związany ze sztuczną inteligencją jest już obecnie powszechnie stosowany w praktyce. Często stanowi skuteczniejszą alternatywę dla tradycyjnych metod w wybranych warunkach. Metody sztucznej inteligencji są wykorzystywane między innymi do odkrywania nowych zależności w różnych dziedzinach. Poniżej przedstawiono kilka przykładowych zastosowań sztucznej inteligencji (Bhatt i in., 2024, s. 7–9):

- Ochrona zdrowia – narzędzia diagnostyczne oparte na SI, takie jak systemy rozpoznawania obrazów i analizy predykcyjnej, umożliwiają wykrywanie chorób z niezwykłą precyzją. SI wspiera także elektroniczne rejestry zdrowotne, usprawniając zadania administracyjne i wspomagając decyzje kliniczne.
- Finanse – algorytmy SI analizują ogromne zbiory danych w czasie rzeczywistym, wspomagając decyzje inwestycyjne, zarządzanie portfelem i wykonywanie transakcji o wysokiej częstotliwości. Chatboty i wirtualni asystenci oparte na SI zapewniają spersonalizowaną obsługę klienta, a systemy

Tabela 7.2. Metody stosowane w ramach sztucznej inteligencji wraz z charakterystyką

Metoda	Charakterystyka
Systemy ekspertowe	Systemy ekspertowe, jako jedne z pierwszych narzędzi sztucznej inteligencji, zastępują ekspertów w rozwiązywaniu złożonych zadań. Oparte na bazach wiedzy i mechanizmach wnioskowania, systemy te mogą interpretować dane, diagnozować, projektować, planować i monitorować.
Sztuczne sieci neuronowe	Sieci neuronowe inspirowane są strukturą ludzkiego mózgu. Składają się z wzajemnie połączonych neuronów, które uczą się przez iteracyjne procesy przetwarzania danych. Są wykorzystywane w analizie, diagnostyce, optymalizacji i prognozowaniu.
Algorytmy genetyczne	Algorytmy genetyczne to metoda optymalizacji inspirowana procesem ewolucji biologicznej. Wykorzystują operacje selekcji, krzyżowania i mutacji, aby znaleźć optymalne rozwiązania w dużych przestrzeniach problemów.
Logika rozmyta	Logika rozmyta umożliwia modelowanie niepewności i nieprecyzyjności w podejmowaniu decyzji. Stosuje się ją w systemach, w których tradycyjna logika dwuwartościowa jest niewystarczająca, na przykład w sterowaniu i diagnostyce.
Teoria gier	Teoria gier analizuje interakcje między racjonalnymi podmiotami podejmującymi decyzje. Wykorzystuje modele matematyczne do badania strategii w sytuacjach konfliktu i współpracy, znajdując zastosowanie w ekonomii, polityce i negocjacjach.

Źródło: na podstawie (Wyskwarski, 2015, s. 162–166).

wykrywania oszustw monitorują transakcje w celu identyfikacji podejrzanych wzorców. SI wspiera także ocenę ryzyka i scoring kredytowy, umożliwiając bardziej trafne decyzje kredytowe.

- Pojazdy autonomiczne – dzięki SI sensory, kamery i zaawansowane algorytmy umożliwiają samochodom samodzielne poruszanie się i podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym. Modele uczenia maszynowego analizują dane z różnych sensorów, wykrywając i reagując na obiekty, pieszych i inne pojazdy, zapewniając bezpieczeństwo pasażerów. SI optymalizuje także planowanie tras i zużycie paliwa, przyczyniając się do zrównoważonego systemu transportu.
- Przemysł wytwórczy – SI analizuje dane z sensorów, przewidując konieczność konserwacji maszyn, co zmniejsza przestoje i poprawia efektywność operacyjną. Automatyczne systemy kontroli jakości wykorzystują wizję komputerową do inspekcji produktów, zapewniając wysoką jakość. SI optymalizuje zarządzanie

łańcuchem dostaw, prognozując popyt i kontrolując zapasy, co przekłada się na oszczędności i zmniejszenie odpadów. Roboty współpracujące z ludźmi automatyzują powtarzalne zadania, zwiększając produktywność i bezpieczeństwo.

- Energetyka – technologie SI optymalizują generowanie, magazynowanie i zużycie energii, poprawiając efektywność i zrównoważoność. Analiza predykcyjna SI prognozuje wzorce zapotrzebowania na energię, pomagając operatorom sieci lepiej zarządzać zasobami. Energia odnawialna, taka jak wiatr i słońce, staje się bardziej niezawodna dzięki prognozowaniu opartemu na SI.
- Cyberbezpieczeństwo – systemy SI są niezbędne do wykrywania i neutralizowania coraz bardziej zaawansowanych cyberzagrożeń. Modele uczenia maszynowego analizują ogromne zbiory danych, identyfikując wzorce podejrzanych zachowań, co umożliwia wczesne wykrywanie złośliwego oprogramowania, prób phishingu i innych cyberataków. Rozwiązania cyberbezpieczeństwa oparte na SI uczą się i adaptują do wykrywania nowych zagrożeń, zwiększając skuteczność obrony. Jednak cyberprzestępcy również korzystają z SI, rozwijając bardziej zaawansowane techniki ataku. Trwający wyścig zbrojeń w dziedzinie SI i cyberbezpieczeństwa wymaga od organizacji ciągłej innowacyjności i wzmacniania obrony.
- Eksploracja kosmosu – technologie SI są kluczowe w różnych aspektach misji kosmicznych, od autonomii statków kosmicznych po analizę danych. Autonomiczne łaziki, takie jak Curiosity i Perseverance na Marsie, wykorzystują algorytmy SI do nawigacji i podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, umożliwiając eksplorację obcych terenów i zbieranie cennych danych. SI poprawia także efektywność operacji satelitarnych, zarządzając zasobami i komunikacją z Ziemią. Ponadto SI analizuje ogromne ilości danych z misji kosmicznych, identyfikując obiekty niebieskie, potencjalne egzoplanety i fale grawitacyjne, przyspieszając odkrycia naukowe. SI jest również wykorzystywana w poszukiwaniach życia pozaziemskiego, analizując sygnały z radioteleskopów i identyfikując wzorce mogące wskazywać na komunikację ze strony innych cywilizacji.

Ewolucja sztucznej inteligencji zasadniczo zmieniła nasz świat. Od wczesnych koncepcji i teoretycznych podstaw, po obecny stan zaawansowanych zastosowań w różnych branżach, sztuczna inteligencja przekształciła sposób, w jaki żyjemy, pracujemy i obcujemy z technologią. Jednakże rosnący wpływ sztucznej inteligencji niesie ze sobą szereg problemów etycznych i wyzwań regulacyjnych. Problem błędów w algorytmach, obawy dotyczące prywatności danych oraz potencjalne zagrożenia dla miejsc pracy są istotnymi kwestiami, które wymagają szczególnej uwagi i odpowiedzialnego wdrożenia sztucznej inteligencji. Organizacje i organy regulacyjne na całym świecie aktywnie pracują nad ustanowieniem wytycznych

i standardów, aby zapewnić, że sztuczna inteligencja będzie zgodna z wartościami społecznymi i pozostanie siłą dobra.

7.2. Uczenie maszynowe

Uczenie maszynowe stanowi podzbiór sztucznej inteligencji, którego celem jest umożliwienie maszynom autonomicznego nabywania wiedzy i umiejętności poprzez analizę danych i identyfikację wzorców, bez potrzeby explicite programowania reguł postępowania. Głębokie uczenie, będące wyspecjalizowaną formą uczenia maszynowego, wykorzystuje wielowarstwowe sztuczne sieci neuronowe do modelowania złożonych relacji i struktury danych, co pozwala na skuteczne rozwiązywanie problemów wymagających abstrakcyjnego myślenia i analizy dużych zbiorów danych (rysunek 7.1).



Rysunek 7.1. Schemat obszarów sztucznej inteligencji

Źródło: na podstawie (Młodzianowski i Rostkowski, 2021, s. 20).

Zatem uczenie maszynowe stanowi integralną część sztucznej inteligencji, której celem jest opracowanie modeli umożliwiających podejmowanie decyzji lub przewidywanie zjawisk na podstawie analizy dostarczonych danych treningowych (*training data*). Dane te są kluczowe w procesie budowy modelu, a dobór odpowiedniego algorytmu uczenia jest równie istotny, zależny od planowanego zastosowania modelu oraz analizy potencjalnych danych treningowych. Jakość i ilość danych treningowych ma kluczowe znaczenie dla skuteczności modelu. Uczenie maszynowe można podzielić na trzy główne kategorie, w zależności od metodyki uczenia (Młodzianowski i Rostkowski, 2021, s. 21–22):

- **Uczenie nadzorowane (*supervised learning*)** – polega na wykorzystaniu relacji pomiędzy danymi wejściowymi a oczekiwaną wartością wyjściową. Wymaga dostarczenia zbioru danych wejściowych z przypisanymi wynikami. Na przykład w klasyfikacji obrazów dane wejściowe mogą zawierać zdjęcia wraz z informacją o ich zawartości. Algorytm uczy się wydobywać cechy z danych i ustalać ich wagi.
- **Uczenie nienadzorowane (*unsupervised learning*)** – nie wymaga podawania oczekiwanych wyników. Algorytmy tego rodzaju mają za zadanie odkrywać wzorce i grupować dane lub redukować liczbę wymiarów danych.
- **Uczenie przez wzmacnianie (*reinforcement learning*)** – polega na działaniu agenta w środowisku, z którego zbiera informacje zwrotne na temat jakości swoich decyzji. Celem jest maksymalizacja nagrody otrzymywanej przez agenta, co umożliwia mu naukę podejmowania lepszych decyzji na podstawie wyników poprzednich działań.

Modelowanie metodami uczenia maszynowego obejmuje cztery główne etapy (Broda i Kałuża, 2022, s. 146): zbieranie danych z rzeczywistych obiektów, obróbkę danych, budowę algorytmu oraz wyszukiwanie wzorców. **Zbieranie danych** to nic innego jak gromadzenie informacji na przykład z czujników, które są wykorzystywane w przemyśle do monitorowania i optymalizacji procesów produkcyjnych. Te dane umożliwiają wdrożenie predykcyjnych i preskryptywnych polityk utrzymania i rozwiązań specyficznych dla różnych zakładów. **Obróbka danych** to kolejny etap, jakość predykcji zależy od jakości danych wprowadzanych do algorytmów. Kluczowe jest, aby dane były optymalne zarówno podczas uczenia, jak i późniejszego uogólniania, co wymaga odpowiednich transformacji danych przez systemy PdM (*Predictive Maintenance*). W ramach kolejnego etapu, **budowy algorytmu** tworzy się modele analityczne do predykcji stanu technicznego maszyn, takich jak na przykład wykrywanie anomalii i przewidywanie awarii. Modele te są oparte na danych historycznych i działają jako „czarne skrzynki” do przetwarzania bieżących danych w celu uzyskania predykcji. **Wyszukiwanie wzorców** to ostatni, ale najbardziej skomplikowany etap. Modele najefektywniejszych metod analityki predykcyjnej, takich jak Deep Learning, XGBoost i Random Forest, są trudne w interpretacji ze względu na ich złożoność. Wynika to z faktu, że w analizie przyczynowości nie ma możliwości prześledzenia hierarchii zależności pomiędzy czynnikami.

Obecnie narzędzia uczenia maszynowego znacząco wpłynęły na różne dziedziny techniki i technologii, w tym na przykład na utrzymanie ruchu. Umożliwiają one analizę dużych zbiorów danych (*big data*), a dzięki postępowi w systemach komputerowych i metodach eksploracji danych ich stosowanie w przemyśle staje się coraz łatwiejsze. Jednak największym ograniczeniem modeli uczenia

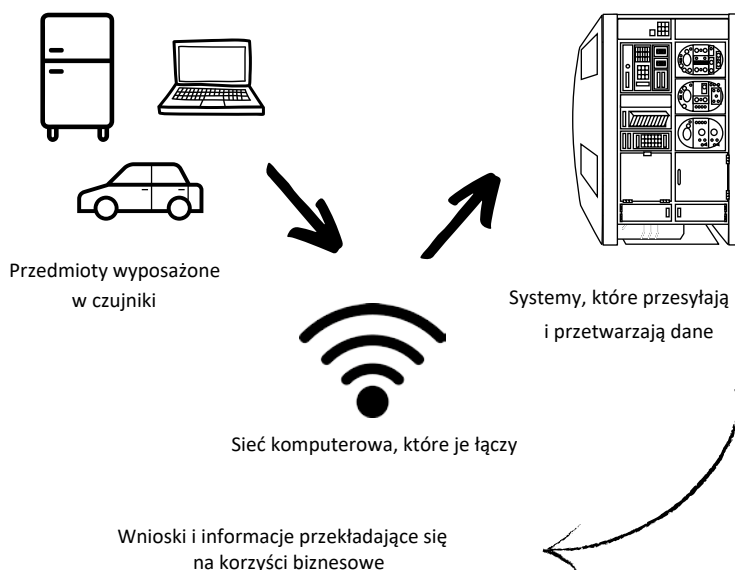
maszynowego jest ich niedoskonałość. Efektywność modeli może być bliska 100%, ale nigdy nie osiąga pełnej pewności. Modele te zwykle określają prawdopodobieństwo wystąpienia określonej wartości na podstawie danych wejściowych, co oznacza, że mogą czasem zawodzić. To podejście różni się od klasycznego oprogramowania, gdzie wyniki są zwykle jednoznaczne i pewne.

7.3. Internet rzeczy

Internet rzeczy (*Internet of Things* – IoT) to koncepcja, która została po raz pierwszy wprowadzona podczas prezentacji marketingowej w Stanach Zjednoczonych w 1999 roku. IoT funkcjonuje równolegle z rozwojem sieci internetowej, jednak obejmuje znacznie więcej elementów. Internet można zdefiniować jako globalną sieć łączącą zasoby poszczególnych komputerów, podczas gdy internet rzeczy obejmuje urządzenia różnego typu z codziennego życia, które zaczynają działać w trybie online, nawet jeśli w tym celu nie były w ogóle projektowane (Frąckiewicz, 2016, s. 143). Chodzi na przykład o czujniki, które komunikują się z komputerami i użytkownikami. Intensywny rozwój IoT nastąpił w ostatnich latach, głównie dzięki postępowi w technologii sieciowej i bazodanowej, co umożliwia gromadzenie ogromnych zbiorów danych przy stosunkowo niskich kosztach. Rozwój IoT wspierają również urządzenia mobilne, takie jak smartfony, które dzięki aplikacjom mogą komunikować się i sterować urządzeniami codziennego użytku, takimi jak lodówki, oświetlenie czy systemy ogrzewania (Smejda, 2016, s. 43–44). W koncepcji IoT do zapewnienia komunikacji między urządzeniami muszą być spełnione określone warunki (Smejda, 2016, s. 45):

- Czujnik wyposażony w odpowiednie sensory – każdy przedmiot musi być wyposażony w czujnik zdolny do zbierania danych z otoczenia i ich dalszego przekazywania. Rodzaj czujnika zależy od specyficznego zastosowania IoT. Może to być czujnik dymu, temperatury, GPS, czy ruchu.
- Urządzenie odbierające i przetwarzające sygnały – konieczne jest istnienie urządzenia zdolnego do odbioru i przetwarzania sygnałów wysyłanych przez czujniki. Typowo są to komputery, tablety, laptopy lub smartfony. Jednak mogą to być także inne urządzenia, takie jak sygnalizacja świetlna w mieście, która na podstawie natężenia ruchu drogowego może regulować przepływ ruchu na skrzyżowaniach.
- Infrastruktura komunikacyjna – niezbędna jest odpowiednia infrastruktura umożliwiająca transmisję danych z czujnika do urządzenia odbierającego. Aktualnie wykorzystywane technologie przesyłowe to Wi-Fi, Bluetooth czy NFC, które zapewniają nieprzerwaną komunikację w ramach sieci IoT.

Architektura narzędzi składających się na rozwiązania internetu rzeczy w najprostszej ujęciu została ukazana na rysunku 7.2. Efektywność i jakość podejmowanych decyzji przez ostatni z wymienionych elementów stanowi kluczowy czynnik uzyskania wartości biznesowej z danego zastosowania IoT. Aby to osiągnąć, niezbędne jest wdrożenie w organizacji właściwego podejścia do analizy danych oraz automatyzacji opartej na wykorzystaniu opracowanych modeli matematycznych, które służą jako reguły decyzyjne umożliwiające stworzenie inteligentnych interakcji z obiektami.



Rysunek 7.2. Idea funkcjonowania rozwiązań internetu rzeczy

Źródło: na podstawie (Związek Pracodawców Branży Internetowej IAB Polska, 2016, s. 5).

Kreowanie środowiska wspierającego analizę danych zgodną z określonymi wymaganiami opiera się na identyfikacji i odpowiednim wsparciu dwóch kluczowych obszarów: identyfikacji wiedzy oraz jej operacjonalizacji, czyli wdrożenia produkcyjnego. W obu tych aspektach kluczowe jest zrozumienie specyficznych kryteriów, które każdy z tych obszarów musi spełniać.

Technologia IoT znajduje zastosowanie zarówno w sektorze prywatnym, jak i publicznym. W sektorze prywatnym obejmuje takie branże, jak telekomunikacja, media, finanse, logistyka, handel detaliczny, motoryzacja, energia, media i rolnictwo. W sektorze publicznym technologia IoT jest wykorzystywana w służbie zdrowia oraz gospodarstwach domowych. Naukowcy z IERC (2015) opublikowali obszerną listę zastosowań IoT, która potwierdza zarazem jej strategiczny wymiar

wśród trendów technologicznych. Wśród nich można wyróżnić (Malucha, 2018, s. 61–63):

- **Inteligentne Życie (*Smart Life*)** – dzięki szerokiemu wykorzystaniu zaawansowanych technologii już teraz uczyniło życie konsumentów prostszym, bezpieczniejszym i bardziej komfortowym. W opiece zdrowotnej technologie IoT umożliwiają tworzenie inteligentnych systemów monitorowania pacjentów, takich jak inteligentne opaski czy monitory glukozy i ciśnienia krwi. Te urządzenia na bieżąco przesyłają dane do lekarzy, co pozwala na szybką reakcję na wszelkie niepokojące zmiany, prowadząc do bardziej spersonalizowanego i efektywnego leczenia. W bankowości IoT wprowadziło nowe modele finansów osobistych poprzez analizę danych z różnych źródeł, takich jak inteligentne urządzenia płatnicze i aplikacje mobilne. Dzięki temu banki oferują bardziej spersonalizowane produkty finansowe, lepiej dostosowane do potrzeb klientów oraz poprawiają zarządzanie ryzykiem. W sektorze ubezpieczeń technologie IoT umożliwiają tworzenie indywidualnych polityk ubezpieczeniowych opartych na rzeczywistych danych. Na przykład urządzenia monitorujące styl jazdy kierowcy wpływają na wysokość składek ubezpieczeniowych, promując bezpieczne zachowania na drodze. Usługi publiczne również korzystają z technologii IoT, zwiększając efektywność administracji oraz komfort życia obywateli. Przykłady obejmują inteligentne oświetlenie miejskie, które dostosowuje się do warunków atmosferycznych i natężenia ruchu, oraz inteligentne systemy zarządzania odpadami, które optymalizują trasy śmieciarek.
- **Inteligentna Mobilność (*Smart Mobility*)** – uczyniła podróże bardziej przyjemnymi i transport bardziej niezawodnym dzięki zarządzaniu trasami w czasie rzeczywistym oraz połączeniu pojazdów z internetem. Inteligentne zarządzanie ruchem miejskim, bazujące na danych zbieranych przez czujniki IoT, pozwala na optymalizację przepływu ruchu. Systemy te dostosowują sygnalizację świetlną w czasie rzeczywistym, redukując korki i poprawiając płynność ruchu. Mobilność międzymiastowa obejmuje integrację systemów komunikacyjnych między miastami, co usprawnia zarządzanie transportem publicznym i prywatnym. W obszarze zarządzania opłatami i rozwiązań płatniczych IoT wprowadziło nowoczesne systemy płatności i opłat drogowych. Dystrybucja i logistyka korzystają z usprawnionego zarządzania logistyką i dystrybucją towarów dzięki technologiom IoT, co pozwala na bardziej efektywne operacje. Zarządzanie flotą pojazdów, poprzez narzędzia do monitorowania i zarządzania flotą, umożliwia lepszą kontrolę nad pojazdami i ich efektywność. Bezpośrednia komunikacja między pojazdami oraz między pojazdami a infrastrukturą ułatwia współpracę w zakresie bezpieczeństwa i płynności ruchu.

- Inteligentne Miasto (*Smart City*) – zarządzanie infrastrukturą miejską stało się bardziej efektywne dzięki wykorzystaniu *big data* do analizowania i optymalizowania zasobów miejskich. Technologie chmurowe wspierają współpracę różnych organów administracji miejskiej, umożliwiając szybsze i bardziej skoordynowane reakcje na potrzeby obywateli oraz zarządzanie kryzysowe. Gromadzenie i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym przy użyciu technologii mobilnych pozwala na szybkie reagowanie na zmieniające się warunki miejskie, co zwiększa poczucie bezpieczeństwa.
- Inteligentna Produkcja (*Smart Manufacturing*) – dzięki IoT możliwe jest szybsze prototypowanie, bardziej efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw oraz optymalizacja procesów produkcyjnych, co prowadzi do zwiększenia wydajności i redukcji kosztów. Proaktywne zarządzanie wyposażeniem, poprzez monitorowanie stanu urządzeń i przewidywanie konieczności konserwacji, zmniejsza ryzyko awarii i przestojów. Sprawna integracja infrastruktury dzięki standardom interfejsów umożliwia lepsze przystosowanie różnorodnych systemów produkcyjnych, co prowadzi do bardziej spójnego i efektywnego zarządzania procesami produkcyjnymi.
- Inteligentna Energia i Sieć (*Smart Energy and Grid*) – inteligentne urządzenia pomiarowe związane z IoT pozwalają na monitorowanie i zarządzanie zużyciem energii w czasie rzeczywistym. Automatyzacja systemów zarządzania energią, które mogą przewidywać i reagować na zmiany zapotrzebowania na energię, prowadzi do zwiększenia efektywności energetycznej i obniżenia kosztów operacyjnych.
- Inteligentny Dom, Budynki i Infrastruktura (*Smart Home, Buildings, and Infrastructure*) – automatyzacja budynków obejmuje systemy zarządzania, które kontrolują oświetlenie, ogrzewanie, klimatyzację i inne systemy w sposób inteligentny, dostosowując się do zmieniających się warunków i preferencji użytkowników. Technologie poprawiające bezpieczeństwo w domach i budynkach obejmują systemy alarmowe, monitoringu i kontroli dostępu, które zwiększają ochronę mieszkańców. Efektywność energetyczna jest zwiększana dzięki systemom monitorowania zużycia energii i zarządzania nim, które pomagają obniżyć koszty operacyjne i zmniejszyć wpływ na środowisko.

Podsumowując, zastosowania technologii IoT w różnych sektorach gospodarki i życia codziennego są bardzo zróżnicowane i już teraz znacząco przyczyniają się do poprawy efektywności, bezpieczeństwa i jakości życia poprzez inteligentne zarządzanie danymi i automatyzację procesów, co podkreśla strategiczne znaczenie tej technologii jako jednego z głównych trendów technologicznych w nadchodzących latach.

7.4. Wirtualna rzeczywistość

W ostatnich latach wirtualna rzeczywistość stała się jednym z najdynamiczniej rozwijających się trendów technologicznych, który zyskuje na znaczeniu w różnych sektorach gospodarki. Według Czyża i innych (2021, s. 46) wirtualna rzeczywistość to trójwymiarowe środowisko generowane za pomocą zaawansowanych technologii informatycznych. Za pomocą dedykowanych jednostek obliczeniowych tworzone są obiekty, przestrzenie oraz zdarzenia, które mogą naśladować zarówno rzeczywiste, jak i fikcyjne elementy. Technologia ta początkowo miała na celu wywoływanie naturalnych i realistycznych doznań i była wykorzystywana głównie w grach komputerowych, ale obecnie znajduje zastosowanie w coraz szerszych dziedzinach życia.

Istnieją trzy różne rodzaje systemów rzeczywistości wirtualnej (Berbeka, 2016, s. 86): zanurzający, niezanurzający i częściowo zanurzający. System niezanurzający polega na obserwacji wirtualnego środowiska za pomocą monitora o wysokiej rozdzielczości. Nowszym typem jest system częściowo zanurzający (*semi-immersive*), który wykorzystuje znacznie bardziej zaawansowane programy graficzne. Ten rodzaj może być podłączony do systemu projekcji na dużym ekranie lub nawet do systemu projekcji wielotelewizyjnej. Wirtualny system pełnego zanurzenia (*full immersive*) oddziałuje na wiele, a nawet wszystkie możliwe zmysły użytkownika w cyfrowym świecie.

Wirtualna rzeczywistość oferuje nowe możliwości w tworzeniu immersyjnych doświadczeń, które mogą znacząco podnieść efektywność operacyjną i innowacyjność firm. W kontekście rosnącej cyfryzacji i automatyzacji VR staje się kluczowym narzędziem w strategiach rozwoju technologicznego przedsiębiorstw, umożliwiającym im utrzymanie konkurencyjności na rynku globalnym.

Do obsługi wirtualnej rzeczywistości wymagane są headsety VR (Ignaciuk, 2023, s. 74) lub/i kontrolery (Czyż i in., 2021, s. 46–47). Headsety VR to specjalne hełmy lub okulary, a ich zadaniem jest zupełne odcięcie użytkownika od otoczenia i przeniesienie go do komputerowo wygenerowanego świata, w którym może on wchodzić w interakcje z przedmiotami lub innymi osobami. W przypadku kontrolerów są to zazwyczaj dwa urządzenia z wbudowanymi czujnikami i przyciskami, przydzielone po jednym na każdą dłoń. Alternatywnie mogą być stosowane specjalne kombinezony odwzorowujące ruch całego ciała. Kluczowym elementem zestawu są „latarnie” – dwa czujniki na podczerwień, umieszczone po przeciwnych stronach, które określają i lokalizują przestrzeń ruchu użytkownika oraz śledzą ruch kontrolerów. Działanie tego sprzętu wymaga stacji obliczeniowej o odpowiedniej mocy, zdolnej do uruchomienia wirtualnej projekcji. Wymagania sprzętowe mogą się różnić w zależności od jakości wyświetlanego obrazu, a kluczową rolę odgrywa tutaj karta graficzna.

Wirtualna rzeczywistość znajduje szerokie zastosowanie w różnych obszarach przedsiębiorstw, szczególnie w przemyśle i medycynie, oferując wiele korzyści związanych z symulacją, szkoleniem, projektowaniem i monitorowaniem procesów. Wybrane dziedziny funkcjonowania przedsiębiorstw wraz z praktycznymi przykładami zaprezentowano poniżej (Szybicki i Pietruś, 2020; Śliwa i Babirecki, 2020):

- Szkolenia i symulacje – VR jest wykorzystywana w celu szkolenia pracowników, zwłaszcza w sytuacjach, które wymagają wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Przykłady obejmują symulatory lotów, które umożliwiają pilotom ćwiczenie reakcji na różne scenariusze awaryjne w bezpiecznym, kontrolowanym środowisku. Podobnie symulatory operacji chirurgicznych pozwalają chirurgom na doskonalenie umiejętności bez ryzyka dla pacjentów. Dzięki realistycznym interfejsom dotykowym i sensorycznemu sprzężeniu zwrotnemu symulacje te oferują dokładne odwzorowanie rzeczywistych sytuacji.
- Projektowanie i prototypowanie – VR jest używana przez firmy takie jak General Motors i Ford do tworzenia oraz sprawdzania planów projektowych i prototypów samochodów. Wirtualne środowisko pozwala inżynierom na ocenę ergonomii, estetyki i funkcjonalności projektów jeszcze przed zbudowaniem fizycznych prototypów. Technologia ta umożliwia analizę rozmieszczenia elementów, ocenę jakości wykończenia oraz testowanie zabezpieczeń, co przyczynia się do oszczędności czasu i kosztów.
- Wsparcie produkcji – w przedsiębiorstwach produkcyjnych VR jest stosowana do wizualizacji przestrzeni roboczych, stanowisk produkcyjnych oraz planowania i optymalizacji układów fabrycznych. Narzędzia takie jak Im-proov umożliwiają wirtualne przeglądy projektów, konserwację oraz montaż maszyn, co pozwala na modyfikację układu przestrzennego oraz optymalizację wykorzystania przestrzeni. VR wspiera również operatorów maszyn, pozwalając im na zdalne sterowanie urządzeniami w niebezpiecznych lub ekstremalnych warunkach.
- Medycyna – oprócz symulatorów chirurgicznych VR znajduje zastosowanie w rehabilitacji, diagnostyce oraz terapii. Wirtualne środowiska terapeutyczne mogą być używane do leczenia pacjentów z zaburzeniami lękowymi, PTSD czy fobiami. Dzięki VR pacjenci mogą przechodzić terapię w kontrolowanych, wirtualnych warunkach, co przyspiesza proces leczenia i poprawia jego efektywność.
- Logistyka i magazynowanie – VR wspiera zarządzanie operacjami magazynowymi, optymalizację procesów zbierania informacji oraz współpracę z systemami zarządzania magazynem (WMS). Systemy te mogą integrować skanowanie kodów kreskowych, co przyspiesza procesy logistyczne i zwiększa ich efektywność.

Podsumowując, wirtualna rzeczywistość oferuje przedsiębiorstwom znaczne usprawnienia w wielu obszarach działalności, od szkoleń i symulacji, przez projektowanie i produkcję, po medycynę i logistykę. Korzystanie z VR przynosi wymierne korzyści w postaci oszczędności kosztów, zwiększenia bezpieczeństwa oraz poprawy jakości i efektywności procesów.

7.5. Rozszerzona rzeczywistość

Rozszerzona rzeczywistość oraz wirtualna rzeczywistość są często mylone, jednak można je łatwo odróżnić na podstawie wykorzystywanego sprzętu. Urządzenia AR należą do kategorii technologii holograficznych, gdzie okulary wyposażone są w przezroczysty wyświetlacz, umożliwiający użytkownikowi obserwację rzeczywistego otoczenia podczas korzystania z technologii (Stokłosa i Kolny, 2021, s. 181).

Rzeczywistość rozszerzona charakteryzuje się nakładaniem na obraz rzeczywistej syntetycznych napisów i obrazów. Można wyróżnić dwa systemy wyświetlania rzeczywistości: HUD oraz HMD (Byrska-Bienias i Zemczak, 2017, s. 6). System HUD (*Head-Up Display*) wyświetla dodatkowe dane na obserwowanym obrazie w przestrzeni rzeczywistej. System HUD jest stosowany na przykład w lotnictwie w celu ułatwienia sterowania, umożliwiając aktywne wyświetlanie informacji bez konieczności zadawania pytań czy formułowania kwerend. Nazwa tego systemu wywodzi się z rozwiązań lotniczych, gdzie piloci podczas patrzenia w dal automatycznie otrzymywali informacje, bez potrzeby kierowania wzroku na dół lub na krawędź ekranu. Korzyść tego zastosowania jest taka, że piloci nie dekoncentrują wzroku podczas lotu, co zwiększa bezpieczeństwo i efektywność operacyjną. Alternatywnym rozwiązaniem jest system HMD (*Helmet-Mounted Display*). Wyświetlacz nahełmowy jest wyposażony w jedną lub dwie kamery, które zbierają obraz. Informacje te są następnie przetwarzane przez komputer i wyświetlane na ekranach HMD. System HMD pozwala na bardziej zintegrowane i intuicyjne zarządzanie informacjami, co jest szczególnie przydatne w kontekście wojskowym i lotniczym.

Rozwój systemów rzeczywistości rozszerzonej opiera się na integracji kilku kluczowych komponentów, które łącznie umożliwiają pełną funkcjonalność tych technologii. Do podstawowych składowych systemu AR zalicza się (Rusek i Pniewski, 2017, s. 1574):

- Ujęcie obiektu (*Scene Capture*) – ten etap polega na przechwytywaniu rzeczywistości, która ma zostać rozszerzona, za pomocą urządzeń wideo, takich jak aparaty fotograficzne, smartfony czy inne podobne urządzenia. Ujęcie obiektu

jest kluczowym krokiem, ponieważ dostarcza danych wizualnych niezbędnych do dalszych etapów przetwarzania.

- Identyfikacja obiektu (*Scene Identification*) – na tym etapie uchwycona rzeczywistość jest skanowana w celu określenia dokładnej pozycji, w której powinny zostać osadzone wirtualne treści. Pozycja ta może być identyfikowana za pomocą znaczników wizualnych lub technologii takich jak GPS, czujniki, podczerwień czy laser.
- Przetworzenie obiektu (*Scene Processing*) – po rozpoznaniu i zidentyfikowaniu obrazu system wysyła żądanie do bazy danych lub internetu, aby uzyskać odpowiednie informacje i przetworzyć je w kontekście aplikacji AR. Ten proces jest kluczowy dla zapewnienia, że dodawane informacje są precyzyjne i użyteczne.
- Wizualizacja obiektu (*Scene Visualisation*) – ostatecznym etapem jest renderowanie mieszanych obrazów rzeczywistości i treści wirtualnych. Wizualizacja umożliwia użytkownikowi interakcję z rozszerzoną rzeczywistością, łącząc rzeczywiste i wirtualne elementy w spójną całość.

Rozwój technologii AR zależy w dużej mierze od postępu w dziedzinie sprzętu, w tym procesorów komputerowych, wyświetlaczy, czujników oraz żywotności baterii. Do podstawowych kategorii urządzeń AR należą (Rusek i Pniewski, 2017, s. 1574–1575):

- Urządzenia przenośne – smartfony i tablety są najczęściej używanymi platformami dla AR, dzięki swoim zaawansowanym funkcjom, takim jak wyświetlacze wysokiej rozdzielczości, wydajne procesory i liczne wbudowane czujniki, na przykład akcelerometry, GPS i kompasy. Te urządzenia są łatwe w adaptacji do aplikacji AR, chociaż użytkownicy często nie są świadomi pełnych możliwości swoich urządzeń w kontekście AR.
- Stacjonarne systemy AR – te systemy są stosowane tam, gdzie wymagana jest większa precyzja lub większy wyświetlacz, na przykład w sklepach detalicznych. Stacjonarne systemy AR mogą być wyposażone w zaawansowane systemy wizyjne, które umożliwiają dokładniejsze rozpoznawanie obiektów i osób.
- Inteligentne okulary (*Smart Glasses*) – te urządzenia posiadają przezroczyste wyświetlacze, które nakładają informacje wirtualne na rzeczywisty świat. Przykłady to Google Glass oraz Vuzix Blade. Inteligentne okulary mogą także zawierać dodatkowe kamery i czujniki do mapowania otoczenia, co pozwala na osadzanie wirtualnych obiektów w interaktywnym środowisku mieszanej rzeczywistości (MR).

Rozszerzona rzeczywistość znajduje szerokie zastosowanie w przedsiębiorstwach, szczególnie w kontekście Przemysłu 4.0. Podział wraz z opisem zastosowań AR w różnych aspektach działalności przedsiębiorstw przedstawia tabela 7.3:

Tabela 7.3. Obszary zastosowania technologii AR

Dział	Zastosowanie
Wsparcie produkcji i montażu	- wizualizacja instrukcji montażowych – pracownicy widzą nałożone na rzeczywistość instrukcje, co przyspiesza proces montażu i redukuje błędy - diagnostyka i konserwacja maszyn – technicy szybko identyfikują problemy i widzą krok po kroku instrukcje naprawcze, co zwiększa efektywność utrzymania ruchu
Szkolenia i rozwój pracowników	- szkolenia praktyczne w bezpiecznym środowisku – pracownicy trenują na symulowanych maszynach bez ryzyka uszkodzeń, co zwiększa ich kompetencje i pewność siebie - interaktywne kursy szkoleniowe – pracownicy uczą się na interaktywnych kursach, które pokazują na żywo zastosowanie zdobytej wiedzy w rzeczywistych sytuacjach
Projektowanie i rozwój produktów	- prototypowanie – dzięki AR możliwe jest tworzenie i testowanie prototypów w wirtualnej przestrzeni, co oszczędza czas i koszty związane z produkcją fizycznych modeli - wizualizacje 3D – projektanci wizualizują produkty w 3D i dokonują modyfikacji w czasie rzeczywistym, co zwiększa precyzję i efektywność procesu projektowania
Marketing i sprzedaż	- interaktywne prezentacje produktów – klienci widzą produkty w rozszerzonej rzeczywistości, co pozwala na lepsze zrozumienie ich funkcji i korzyści - spersonalizowane doświadczenia zakupowe – AR umożliwia tworzenie spersonalizowanych kampanii marketingowych, które angażują klientów w unikatowy sposób
Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw	- optymalizacja magazynowania – pracownicy magazynu używają AR do szybkiego lokalizowania produktów, co redukuje czas potrzebny na realizację zamówień - monitorowanie transportu – AR umożliwia śledzenie przesyłek w czasie rzeczywistym oraz szybkie identyfikowanie problemów w łańcuchu dostaw

Źródło: na podstawie (Byrska-Bienias i Zemczak, 2017; Orłowski, 2019; Skórska, 2019; Stokłosa i Kolny, 2021).

Współczesne technologie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości zyskują coraz większą popularność, oferując różnorodne zastosowania zarówno w rozrywce, jak i w przemyśle. Wirtualna rzeczywistość umożliwia całkowite zanurzenie się w cyfrowym świecie, podczas gdy rozszerzona rzeczywistość integruje elementy wirtualne z rzeczywistym otoczeniem. Istotne wydaje się porównanie obu technologii, analizując ich cechy charakterystyczne (tabela 7.4).

Tabela 7.4. Porównanie rozszerzonej rzeczywistości z wirtualną

Rozszerzona rzeczywistość (AR)	Wirtualna rzeczywistość (VR)
niski kontrast widzianych obrazów, białe kolory mają duży kontrast, czarne kolory są przezroczyste ze względu na brak zastosowania technologii sterującej transparentnością ekranu	wysoki kontrast widzianych obrazów – zlikwidowanie otaczającego świata – bardzo wyraźne wirtualne środowisko zbudowane
mały kąt widoczności	duży kąt widoczności
duża interakcja użytkownika oraz programów z rzeczywistością	znikoma interakcja użytkownika z rzeczywistością
bezpieczne poruszanie się po założeniu hełmu AR, niebezpieczna może być interakcja z interfejsem programu, jeśli deweloper stworzył możliwość występowania elementów interaktywnych poza granicami rzeczywistości, na przykład za ścianą lub oknem	niebezpieczne jest przemieszczanie się z hełmem VR – przed skorzystaniem z VR należy usunąć z pomieszczenia zagrażające bezpieczeństwu przedmioty
stosunkowo droga i mało dostępna technologia	niski koszt gogli, łatwy zakup sprzętu
wysoki komfort korzystania z gogli dla osób z chorobami lokomocyjnymi	osoby, które mają wrażliwy błędnik lub choroby lokomocyjne, niechętnie korzystają z technologii
niższy poziom immersji w stosunku do VR	wyższy poziom immersji w stosunku do AR

Źródło: na podstawie (Szuliński, 2021, s. 68).

Zarówno rozszerzona rzeczywistość, jak i wirtualna rzeczywistość mają swoje unikatowe cechy i zastosowania. AR charakteryzuje się niskim kontrastem widzianych obrazów i małym kątem widoczności, podczas gdy VR oferuje wysoki kontrast obrazów i duży kąt widoczności, całkowicie eliminując otaczający świat. Zrozumienie tych różnic jest kluczowe dla wyboru odpowiedniej technologii do konkretnych zastosowań.

7.6. Sieć 5G i 6G

Rozwój ultraszybkiego internetu, w szczególności mobilnego internetu szerokopasmowego, stanowi jeden z najistotniejszych aspektów technologicznych współczesnych przedsiębiorstw. Szybki i niezawodny internet nie tylko pełni funkcje

rekreacyjne, edukacyjne oraz rozrywkowe, lecz także stanowi niezbędny element infrastruktury umożliwiającej cyfrową obsługę praktycznie wszystkich obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa. Technologia 5G, będąca zaawansowaną siecią komórkową, w której końcowy odcinek połączenia realizowany jest bezprzewodowo, stanowi ewolucję w dziedzinie telekomunikacji. Mimo że fundamentalny sposób połączeń nie odbiega zasadniczo od rozwiązań stosowanych w poprzednich generacjach, sieć 5G implementuje zaawansowane mechanizmy pozwalające na znacznie wyższą przepustowość danych, minimalne opóźnienia oraz bardziej stabilne i niezawodne połączenia (Zająkała, 2019, s. 1). Aby w pełni zrozumieć genezę wdrożenia technologii 5G, konieczne jest przedstawienie historycznego kontekstu rozwoju kolejnych generacji telefonii komórkowej, transmisji danych oraz usług mobilnych (Korzeniewska i in., 2019, s. 145–147; Mroczko, 2021, s. 154–156):

1G – pierwsza generacja sieci komórkowych

Pierwsza generacja sieci komórkowych, znana jako 1G, została zainicjowana w latach 80. XX wieku. Technologia ta była analogowa i umożliwiała mobilną komunikację głosową. Charakterystyczne dla 1G były duże terminale, potocznie nazywane cegłami, ważące około kilograma. Terminale te były ograniczone funkcjonalnie do transmisji głosu i cechowały się niską efektywnością energetyczną, co wymagało długiego ładowania po krótkiej rozmowie. System 1G wykorzystał zmultiplikowane, centralnie sterowane stacje bazowe, które pozwalały na efektywne wykorzystanie dostępnych kanałów częstotliwościowych w ramach komórek o nachodzących na siebie obszarach.

2G – druga generacja sieci komórkowych

Druga generacja sieci komórkowych, 2G, wprowadzona na początku lat 90. XX wieku, reprezentowała przejście z technologii analogowej na cyfrową. Rewolucyjna zmiana obejmowała wprowadzenie systemu GSM, który umożliwił globalną standaryzację telefonii komórkowej. 2G umożliwiło przesyłanie wiadomości tekstowych (SMS) oraz znacznie poprawiło jakość komunikacji głosowej i szybkość transmisji danych, początkowo do 9,6 kB/s, później do 57,6 kB/s. Technologia ta także rozszerzyła możliwości o przesyłanie multimediów (MMS).

3G – trzecia generacja sieci komórkowych

Trzecia generacja sieci komórkowych, 3G, wprowadzona w pierwszej dekadzie XXI wieku, przyniosła znaczący wzrost prędkości transmisji danych, sięgający do 40 MB/s. Umożliwiło to korzystanie z usług internetowych na urządzeniach mobilnych, co zrewolucjonizowało sposób komunikacji i dostęp do informacji.

3G pozwoliło na wdrożenie zaawansowanych serwisów multimedialnych, takich jak videokonferencje oraz strumieniowanie wideo, znacząco poprawiając jakość i szybkość usług mobilnych.

4G – czwarta generacja sieci komórkowych

Czwarta generacja sieci komórkowych, 4G, wprowadziła dalszy rozwój technologii LTE (*Long Term Evolution*), oferując prędkości transmisji danych do 100 MB/s oraz opóźnienia rzędu 30 ms. 4G zapewniło znacznie szybszy dostęp do internetu oraz wsparcie dla nowoczesnych usług multimedialnych, takich jak HD streaming i zaawansowane aplikacje internetowe. Ta generacja charakteryzowała się również lepszą efektywnością spektralną i większą pojemnością sieci, umożliwiając obsługę większej liczby użytkowników jednocześnie.

5G – piąta generacja sieci komórkowych

Piąta generacja sieci komórkowych, 5G, jest najnowszym standardem, który znacząco podnosi wydajność sieci. 5G oferuje bardzo wysokie prędkości transmisji danych, sięgające do kilku gigabitów na sekundę, niezwykle niskie opóźnienia (około 1 ms) oraz zdolność do obsługi bardzo dużej liczby urządzeń jednocześnie (do kilkuset tysięcy terminali na kilometr kwadratowy). Technologia ta jest kluczowa dla rozwoju internetu rzeczy oraz Przemysłu 4.0, umożliwiając zaawansowane automatyzacje i sterowanie cyfrowo robotami oraz elastycznymi systemami produkcji.

Implementacja technologii 5G obecnie wprowadza ludzkość w nową epokę w dziedzinie komunikacji, która już ma dalekosiężny wpływ na niemal każdy aspekt codziennego funkcjonowania. Technologia ta ma nieskończony potencjał do znaczącego usprawnienia kluczowych sektorów, takich jak edukacja, system opieki zdrowotnej oraz e-administracja. Sieci 5G tworzą infrastrukturę sprzyjającą rozwojowi nowych usług, które będą między innymi niwelować dysproporcje w dostępie do globalnych informacji (Tomaszewska i Fila, 2021, s. 153).

Mobilna sieć 5G składa się z dwóch komponentów: Radiowej Sieci Dostępowej (RAN) oraz sieci rdzeniowej (CORE) (Mroczko, 2021, s. 158–159). W Radiowej Sieci Dostępowej kluczową rolę odgrywają małe nadajniki komórkowe, szczególnie mikro- i femtocele, które operują na częstotliwościach fal milimetrycznych o bardzo krótkim zasięgu. Sieć 5G została zaprojektowana, aby zintegrować sieć makrokomórek 4G z małymi nadajnikami komórkowymi, tworząc mikrokomórki o zasięgu od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Te ministacje bazowe zapewniają lokalne pokrycie i są kluczowe dla efektywnego działania sieci 5G, zwłaszcza w obszarach o dużej gęstości użytkowników. Sieć rdzeniowa (CORE) stanowi centralny element sieci wymiany ruchu, zarządzając usługami

głosowymi, transmisją danych oraz połączeniami internetowymi. W technologii 5G sieć rdzeniowa została zoptymalizowana pod kątem integracji z internetem i usługami opartymi na chmurze, zawierając rozproszone serwery mające na celu redukcję opóźnień. Mobilna architektura sieci 5G, zarówno sieć rdzeniowa CORE, jak i Radiowa Sieć Dostępowa RAN, muszą być istotnie zmodyfikowane, aby zapewnić niskie opóźnienia i wysoką przepustowość. Dzięki rozproszeniu serwerów w sieci rdzeniowej i elastyczności konfiguracji RAN sieć 5G będzie zdolna dostosować się do dynamicznych zmian w ruchu sieciowym, awarii oraz nowych wymagań, zapewniając wysoką wydajność i niezawodność.

Technologia 5G stanowi fundamentalną zmianę w sposobie funkcjonowania nowoczesnych przedsiębiorstw, umożliwiając szereg zaawansowanych zastosowań, które rewolucjonizują procesy produkcyjne, logistyczne oraz komunikacyjne (Kolek, 2019; Mroczko, 2021; Sun i in., 2024).

Jednym z najważniejszych obszarów, w którym 5G odgrywa kluczową rolę, jest **internet rzeczy**. Dzięki możliwości połączenia ogromnej liczby urządzeń i czujników przedsiębiorstwa mogą monitorować swoje procesy w czasie rzeczywistym i zarządzać nimi. Przykłady zastosowań obejmują inteligentne fabryki, gdzie maszyny i urządzenia komunikują się ze sobą, a także zarządzanie magazynami, gdzie 5G umożliwia precyzyjne śledzenie zasobów i optymalizację logistyki.

Kolejnym istotnym zastosowaniem 5G jest **automatyzacja i robotyka**. Sieć 5G, charakteryzująca się niskimi opóźnieniami i wysoką przepustowością, umożliwia zdalne sterowanie robotami przemysłowymi z niespotykaną dotąd precyzją. To z kolei prowadzi do zwiększenia efektywności produkcji oraz redukcji błędów. Dzięki 5G roboty mogą współpracować ze sobą oraz z systemami sterującymi, co jest kluczowe dla realizacji koncepcji Przemysłu 4.0.

Komunikacja i współpraca w przedsiębiorstwach są znacząco ulepszone przez 5G. Wysoka prędkość transmisji danych i niskie opóźnienia umożliwiają przeprowadzanie wideokonferencji o wysokiej jakości, szybkie współdzielenie dużych plików oraz efektywną zdalną pracę zespołową. Dzięki temu przedsiębiorstwa mogą lepiej integrować swoje operacje i zwiększać produktywność.

Integracja 5G w przedsiębiorstwach wspiera także zaawansowaną **analizę danych i sztuczną inteligencję**. Zbieranie i analizowanie dużych ilości danych w czasie rzeczywistym umożliwia lepsze podejmowanie decyzji oraz optymalizację procesów operacyjnych. AI, wspierana przez 5G, pozwala na automatyczne wykrywanie wzorców i anomalii w danych produkcyjnych, co prowadzi do zwiększenia wydajności oraz redukcji kosztów operacyjnych.

Podsumowując, technologia 5G wprowadza nową jakość w zarządzaniu przedsiębiorstwami. Przedsiębiorstwa, które skutecznie wdrożą tę technologię, mogą liczyć na znaczne usprawnienia w swoich operacjach.

Warto już zauważyć, że dość głośno mówi się o sieci 6G, będącą następcą technologii 5G. Ma ona zrewolucjonizować sposób, w jaki ludzie i urządzenia komunikują się i współdziałają na globalną skalę. Oczekuje się, że technologia 6G przekroczy ograniczenia swoich poprzedników, wprowadzając znaczące innowacje zarówno w zakresie prędkości transmisji danych, jak i zasięgu oraz efektywności energetycznej. Przewiduje się, że sieć 6G będzie kluczowym elementem w dalszym rozwoju inteligentnych miast, zaawansowanych systemów medycznych, edukacyjnych oraz przemysłowych, tworząc nowe możliwości i usprawnienia dla społeczeństwa. Perspektywy i założenia sieci 6G (Agboola i in., 2024, s. 53–57):

- Zwiększona przepustowość i szybkość transmisji danych – 6G ma oferować jeszcze wyższe prędkości danych oraz większą pojemność systemu w porównaniu z 5G. Obejmuje to wsparcie dla transmisji w pasmach częstotliwości od sub-6 GHz, przez fale milimetrowe, aż po pasma terahercowe i optyczne. Przewiduje się, że technologia ta umożliwi prędkości rzędu 1 Tb/s, co oznacza tysiąckrotny wzrost w porównaniu z 5G.
- Zmniejszone opóźnienia i poprawiona jakość usług – sieć 6G ma na celu dalsze redukcje opóźnień oraz zwiększenie stabilności i jakości usług, co jest kluczowe dla aplikacji czasu rzeczywistego.
- Bezpieczeństwo i prywatność – wzmocnienie protokołów szyfrowania i mechanizmów uwierzytelniania w sieciach 6G będzie niezbędne do ochrony przed zagrożeniami cybernetycznymi. Wprowadzone zostaną zaawansowane technologie, taka jak komunikacja kwantowa, która zwiększy bezpieczeństwo sieci.
- Integracja sztucznej inteligencji – 6G będzie korzystać z AI i uczenia maszynowego do autonomicznego zarządzania i optymalizacji sieci.
- Globalna łączność – 6G nie będzie ograniczone tylko do sieci naziemnych, ale rozszerzy się na sieci pozaziemskie, takie jak satelity i bezzałogowe pojazdy powietrzne. Tworzenie zintegrowanej sieci komunikacyjnej przestrzeń–powietrze–ziemia–morze zapewni globalne pokrycie i łączność.
- Nowe technologie i innowacje – takie technologie, jak holograficzne kształtowanie wiązek, komunikacja terahercowa, bezprzewodowa technologia optyczna, blockchain i komunikacja bezkomórkowa, będą kluczowe dla rozwoju 6G. Te innowacje umożliwią tworzenie nowych poziomów automatyzacji, analizy danych i łączności, przyczyniając się do transformacji różnych sektorów przemysłu.

Przejsie od 5G do 6G zapewne będzie napędzać rozwój inteligentnych aplikacji i usług, zwiększy produktywność, poprawi podejmowanie decyzji oraz będzie oferować nowe modele biznesowe i źródła przychodów.

7.7. Zrobotyzowana automatyzacja procesów (RPA)

W erze dynamicznych transformacji przedsiębiorstwa nieustannie poszukuje się sposobów na zwiększenie efektywności operacyjnej, redukcję kosztów oraz podniesienie jakości świadczonych usług. Jednym z najbardziej innowacyjnych rozwiązań, które zyskuje na popularności, jest zrobotyzowana automatyzacja procesów (*Robotic Process Automation* – RPA). RPA to technologia, która umożliwia automatyzację zadań za pomocą „robotów” programowych, które naśladują działania wykonywane przez człowieka. Pyplacz (2023, s. 25) uważa, że technologia ta zyskuje na popularności wśród firm, gdyż pozwala pracownikom skupić się na bardziej skomplikowanych i wymagających zadaniach, podczas gdy rutynowe, monotonne i oparte na regułach obowiązki są przekazywane robotom programowym. W ten sposób roboty stają się cyfrowymi współpracownikami, odciażającymi personel od powtarzalnych czynności. Jak podkreślają Moczyróg i Rutyna (2017), określenie „zrobotyzowane” jest w dużej mierze mylące, bo nie oznacza mechanicznych, samodzielnych urządzeń / maszyn, lecz przede wszystkim algorytmy, mogące wykonywać powtarzalne prace biurowe oraz płynnie przekazywać inicjatywę ludziom w sytuacjach, w których interwencja człowieka okazuje się potrzebna. Jednak Jasiak-Kaczmarek i Kowalski (2023, s. 73) zauważają, że kwestia przyjęcia w nazewnictwie słowa „robot” może nawiązywać do potocznie wykorzystywanej nazwy „bot”, który jest definiowany jako nieinwazyjny program komputerowy składający się z zestawu poleceń lub skryptów, zaprojektowany do autonomicznego wykonywania określonych zadań, które symulują ludzkie zachowanie, takie jak komunikacja pisemna i głosowa – na przykład czatboty i voiceboty. Boty pełnią funkcję wirtualnych pracowników, zdolnych do realizacji tych samych operacji co pracownicy fizyczni, lecz działają w sferze wirtualnej, nie wymagając fizycznego miejsca pracy.

Jak podaje Bekus (2022, s. 37), systemy RPA wyróżniają się kilkoma kluczowymi zaletami, w tym prostotą obsługi, łatwością wdrożenia, możliwością skalowania oraz powtarzalnością wykonywanych procesów. Ich największą zaletą jest nieinwazyjny charakter implementacji. Cały proces wdrożenia, od identyfikacji procesów biznesowych, przez ocenę ich złożoności i potencjału automatyzacji, aż po programowanie robotów i konfigurację ustawień, jest zarządzany przez dostawcę systemu RPA. Odbiorca instaluje aplikację na swoim serwerze lub komputerze, gdzie może uruchamiać i monitorować zadania według wcześniej zdefiniowanych reguł automatyzacji.

Systemy RPA mają szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach działalności biznesowej, przynosząc znaczące korzyści dzięki automatyzacji powtarzalnych, opartych na regułach zadań. Poniżej przedstawiono szczegółowy zbiór zastosowań

RPA, uwzględniający różnorodne obszary działalności (Jędrzejka, 2019, 2020; Pyłacz i Sasak, 2022; Van Chuong i in., 2019):

- **Działalność finansowa** – RPA znajduje szerokie zastosowanie w działach finansowych firm. W procesie obsługi należności roboty wspomagają generowanie ofert sprzedaży, weryfikację danych zamówienia, monitorowanie kredytów klientów, dystrybucję faktur oraz dopasowywanie i przetwarzanie płatności. Dzięki automatyzacji tych procesów organizacje mogą znacząco zwiększyć efektywność swoich operacji finansowych, zredukować liczbę błędów oraz przyspieszyć realizację płatności. W obszarze zobowiązań systemy RPA umożliwiają digitalizację faktur za pomocą technologii rozpoznawania optycznego (OCR), ekstrakcję wszystkich pól z faktur, weryfikację danych, tworzenie faktur, przesyłanie ich do systemu płatności, automatyczne wykonywanie płatności oraz uzgadnianie raportów. Automatyzacja tych procesów nie tylko przyspiesza operacje, ale również zapewnia większą dokładność i transparentność finansową, co jest kluczowe dla utrzymania stabilności finansowej przedsiębiorstwa.
- **Usługi bankowe** – w sektorze bankowym RPA przynosi znaczne korzyści poprzez automatyzację różnych procesów operacyjnych. Automatyzacja aktywacji kart pozwala na zgodność z zasadami wydawcy, walidację zgłoszeń, szybkie rozwiązywanie problemów oraz przyspieszenie aktywacji kart. Proces otwierania kont również może być zautomatyzowany, co obejmuje walidację danych klientów, sprawdzanie historii kredytowej, walidację zgodności z przepisami, automatyczne tworzenie nowych kont oraz przekazywanie danych klientom. Systemy RPA są również niezwykle przydatne do zapobiegania praniu pieniędzy. Roboty mogą zbierać i analizować transakcje, walidować jakość transakcji oraz automatycznie informować dział zgodności o podejrzanych operacjach. To znacząco zwiększa efektywność działania instytucji finansowych oraz ich zgodność z przepisami regulacyjnymi.
- **Działalność produkcyjna** – w sektorze produkcji RPA wspiera monitorowanie statusu produkcji poprzez ekstrakcję danych z systemu MES (*Manufacturing Execution System*), porównywanie ich ze standardami produkcji oraz przesyłanie wyników do menedżerów produkcji. Dzięki temu firmy mogą zapewnić większą kontrolę nad procesami produkcyjnymi i szybko reagować na wszelkie odchylenia od planu. Automatyzacja generowania listy materiałów (*Bill of Materials* – BOM) to kolejny obszar, gdzie RPA może przynieść korzyści. Roboty mogą automatycznie tworzyć dokumenty BOM, które zawierają listę materiałów potrzebnych do produkcji, co zapewnia dokładność i terminowość planowania produkcji. Przetwarzanie faktur w sektorze produkcyjnym również może być zautomatyzowane, obejmując skanowanie, odczytywanie i weryfikację faktur, przesyłanie ich do odpowiednich działów w celu

zatwierdzenia, wprowadzanie faktur do systemu księgowego oraz oznaczanie zamówień jako ukończone.

- Praca z arkuszami kalkulacyjnymi – RPA doskonale sprawdza się w pracy z arkuszami kalkulacyjnymi, automatycznie przetwarzając dane, przeprowadzając analizy oraz generując raporty. Minimalizuje to ryzyko błędów ludzkich i przyspiesza realizację zadań.
- Wspieranie decyzji menedżerskich – systemy RPA wspierają decyzje menedżerskie poprzez integrację z systemami inteligencji biznesowej (*Business Intelligence*). Roboty pobierają dane z różnych źródeł, przetwarzają je i eksportują do baz danych, z których korzystają systemy BI, dostarczając menedżerom aktualne i dokładne informacje.
- Obsługa systemów operacyjnych – RPA obsługuje aplikacje osadzone na różnych systemach operacyjnych, w tym terminale tekstowe, co czyni je wszechstronnie wykorzystywanymi w różnych środowiskach IT.
- Zarządzanie zapasami – automatyzacja zarządzania zapasami przez monitorowanie stanów magazynowych, automatyczne generowanie zamówień na podstawie ustalonych reguł oraz zarządzanie przepływem towarów. Pozwala to na bardziej efektywne i precyzyjne zarządzanie zasobami firmy.
- Śledzenie przesyłek – automatyzacja procesu śledzenia przesyłek, pobieranie danych o statusie przesyłek z różnych systemów i udostępnianie ich w centralnym miejscu, co ułatwia monitorowanie i zarządzanie dostawami.
- Generowanie raportów – automatyzacja przygotowywania raportów finansowych, zbieranie i integracja informacji z różnych źródeł oraz automatyczne wysyłanie raportów do odpowiednich odbiorców. To oszczędza czas pracowników i zapewnia spójność oraz dokładność raportów.
- Analiza danych – roboty softwarowe wspierają analizę danych poprzez automatyczne przetwarzanie dużych zestawów danych, umożliwiając szybkie i dokładne wyciąganie wniosków oraz tworzenie prognoz na podstawie zebranych informacji.

Systemy RPA mają szerokie zastosowanie w różnych obszarach działalności biznesowej. Automatyzacja procesów nie tylko przyspiesza realizację zadań, ale także zwiększa ich dokładność i zmniejsza ryzyko błędów. Dzięki temu firmy mogą skupić się na bardziej strategicznych działaniach, a rutynowe i powtarzalne zadania pozostawić robotom. W rezultacie implementacja RPA prowadzi do poprawy ogólnej produktywności i konkurencyjności organizacji na rynku.

Współczesny rozwój technologiczny postępuje w dynamicznym tempie, przynosząc głębokie zmiany w różnych sferach życia ludzkiego. Począwszy od pojawienia się komputera osobistego w drugiej połowie XX wieku innowacje technologiczne stale przededefiniują granice możliwości, wprowadzając nowe paradygmaty

w nauce, przemyśle i życiu codziennym. Wybrane trendy w rozwoju technologii nie tylko zmieniają sposób działania firm, ale także otwierają nowe możliwości innowacji, efektywności operacyjnej i interakcji. Ich dynamiczny rozwój wskazuje na nieustający potencjał do przekształcania różnych aspektów życia i pracy w XXI wieku.

Podsumowanie

Rozdział 7 skupił się na analizie nowych trendów technologicznych, które w ostatnich latach stały się kluczowe dla rozwoju nauki i przemysłu. Omówiono znaczenie takich technologii jak sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, internet rzeczy, wirtualna i rozszerzona rzeczywistość, sieć 5G oraz zrobotyzowana automatyzacja procesów. Wskazano, że dynamiczny rozwój tych technologii wynika z ich strategicznego znaczenia dla przedsiębiorstw, intensywnych badań oraz rosnącego wpływu na transformację cyfrową. Przeanalizowano także wpływ tych rozwiązań na różne sektory gospodarki, podkreślając ich potencjał do zwiększania efektywności operacyjnej i optymalizacji procesów. Szczególną uwagę poświęcono integracji nowych technologii z innowacyjnymi modelami biznesowymi oraz ich zdolności do przekształcania sposobu funkcjonowania firm i społeczeństw. Ostatecznie wykazano, że rosnąca rola zaawansowanych technologii będzie kluczowym czynnikiem kształtującym przyszłość globalnej gospodarki.

Bibliografia

- Agboola, T., Adegede, J., Omomule, T., Oyeniran, O. i Aina, L. (2024). A review of mobile networks: Evolution from 5G to 6G. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 15(1), 49–61. <https://doi.org/10.7176/CEIS/15-1-06>
- Aziki, A. i Fadili, M. H. (2022). Highlighting artificial intelligence roles in business area amid the COVID-19 crisis. *Procedia Computer Science*, 203, 450–455. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.060>
- Bekus, T. (2022). Automatyzacja procesów biznesowych – status i potencjał implementacji w polskim e-handlu. *Marketing i Rynek*, 3, 35–48. <https://doi.org/10.33226/1231-7853.2022.3.4>
- Berbeka, J. (2016). Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów. *Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 303(7), 84–101.
- Bhatt, D., Swapna, H. R., Madaan, G., Gayathri, D., Mahajan, D., Mahajan, R. i Paramashivan, M. A. (2024). From theory to practice: The evolution of artificial intelligence in business. W: D. Pandey, *Utilization of AI technology in supply chain management* (s. 1–14). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3593-2.ch001>

- Broda, D. i Kałuża, A. (2022). Uczenie maszynowe w konserwacji predykcyjnej i optymalizacji. *Energetyka*, 3, 143–146. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-39c20655-69db-4d76-853d-42fd1a8f83ec>
- Byrska-Bienias, K. i Zemczak, M. (2017). Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości w kształtowaniu stanowisk pracy. W: R. Knosali (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji* (t. 2, s. 435–446). Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- Czyż, Ł., Gnat, J., Kolny, D. i Plinta, D. (2021). Analiza potencjału zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości w projektowaniu zakładów przemysłowych. W: J. Rysiński i D. Więcek (red.), *Technologie, procesy i systemy produkcyjne* (s. 45–54). <https://doi.org/10.53052/9788366249844.05>
- Frąckiewicz, E. (2016). Internet rzeczy – nowe oblicze komunikacji marketingowej? *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu*, 67(20), 143–149.
- IERC. (2015). *Internet of Things position paper on standardization for IoT technologies*. European Research Cluster on the Internet of Things.
- Ignaciuk, M. (2023). Wirtualna rzeczywistość w edukacji. Analiza opinii nauczycieli na temat wykorzystania technologii VR w edukacji szkolnej. *Ars Educandi*, 19(19). <https://doi.org/10.26881/ae.2022.19.05>
- Jasiak-Kaczmarek, B. i Kowalski, T. (2023). Zastosowanie Robotic Process Automation w dziale personalnym – przegląd literatury. W: J. Lewandowska-Bratek, R. Gnitecka i B. Wątopek (red.), *Smart economy* (s. 71–90). Polskie Towarzystwo Ekonomiczne.
- Jędrzejka, D. (2019). Robotic process automation and its impact on accounting. *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*, 105(161), 137–166. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.6061>
- Jędrzejka, D. (2020). Zrobotyzowana automatyzacja procesów w bankowości – szanse i wyzwania. *Bezpieczny Bank*, 4(81), 111–135. <https://doi.org/10.26354/bb.5.4.81.2020>
- Kolek, A. (2019). Sieć 5G – dotychczasowe zastosowania i nowe możliwości wykorzystania w społeczeństwie informacyjnym. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 20(12), 291–301.
- Korzeniewska, E., Krawczyk, A., Łada-Tondyra, E. i Plewako, J. (2019). Technologia 5G jako etap rozwoju komunikacji bezprzewodowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, 95(12), 144–147. <https://doi.org/10.15199/48.2019.12.31>
- Malucha, M. (2018). Internet rzeczy—Kontekst technologiczny i obszary zastosowań. *Studia i Prace WNEiZ US*, 54(2), 51–69. *Informatyka w ekonomii*, 51–69. <https://doi.org/10.18276/sip.2018.54/2-04>
- Młodzianowski, P. i Rostkowski, R. (2021). Podstawy uczenia maszynowego dla menadżerów projektu IT. *Management and Quality*, 3(4), 18–26.
- Mocyróg, M. i Rutyna, D. (2017). *Roboty wkraczają do biur*. <https://mitsmr.pl/b/roboty-wkraczaja-do-biur/PLsGHAFhk>
- Mroczo, F. (2021). Istota i możliwości wykorzystania sieci 5G. *Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości z siedzibą w Wałbrzychu*, (1), 153–167.
- Orłowski, K. (2019). Możliwości zastosowania rozszerzonej rzeczywistości do usprawnienia procesu komisjonowania w magazynie. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 5, 524–542.

- Pleban, B. (b.d.). *Chatboty jako realizacja testu Turinga, a zastosowania w biznesie*. https://archive.org/details/chatboty-jako-realizacja-testu-turinga_202301/mode/2up
- Pyplacz, P. (2023). Badania dotyczące robotyzacji procesów biznesowych w naukach o zarządzaniu – systematyczny przegląd literatury. *Przegląd Organizacji*, 2, 25–34. <https://doi.org/10.33141/po.2023.02.03>
- Pyplacz, P. i Sasak, J. (2022). RPA jako narzędzie automatyzacji i optymalizacji procesów. *Organizacja i Kierowanie*, 2(191), 173–188.
- Radosiński, E. (2001). *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej: Systemy wspomagania decyzji, modelowanie symulacyjne, techniki inteligentne*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Rusek, D. i Pniewski, R. (2017). Systemy logistyczne: Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości. *Autobusy : Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 18(12), 1573–1577. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-eed730a4-f388-4be7-8d77-531fdf293f37>
- Skórska, H. (2019). Rzeczywistość rozszerzona narzędziem przemysłu 4.0 – Rozwiązania dla branży motoryzacyjnej. *Elektronika – Konstrukcje, Technologie, Zastosowania*, 6, 68–72. <https://doi.org/10.15199/13.2019.6.14>
- Smejda, P. (2016). Internet rzeczy (IOT) we współczesnej gospodarce. Rola, zadania i bariery rozwoju. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Łódzka*, 64(1208), 43–55.
- Stokłosa, E. i Kolny, D. (2021). Innowacyjne technologie w Przemśle 4.0 – rozszerzona rzeczywistość. W: J. Rysiński i D. Więcek (red.), *Technologie, procesy i systemy produkcyjne* (s. 179–188). Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.
- Sun, J., Chen, D., Wang, Q., Lei, C., Wang, M., Li, Z., Xiao, Y., Zhang, W. i Liu, J. (2024). Key issues on integrating 5G into industrial systems. *Electronics*, 13(11), 2048. <https://doi.org/10.3390/electronics13112048>
- Szuliński, T. (2021). Rzeczywistość wirtualna w architekturze – zastosowania i korzyści (cz. 3). *Builder*, 288(7), 66–68.
- Szybicki, D. i Pietruś, P. (2020). Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości w projektowaniu stacji zrobotyzowanych. *Pomiary, Automatyka, Robotyka*, 2, 63–68. https://doi.org/10.14313/PAR_236/63
- Śliwa, M. i Babirecki, W. (2020). Rzeczywistość rozszerzona i wirtualna w przedsiębiorstwie produkcyjnym. W: T. Nahirny i T. Belica (red.), *Metody i narzędzia w inżynierii produkcji* (s. 105–118). Wydawnictwo Naukowe Instytutu Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Zielonogórskiego.
- Tomaszewska, P. i Fila, K. (2021). Sieć 5G w perspektywie polskich zmian normatywnych. *Nowa Polityka Wschodnia*, 1(28), 149–168. <https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-16a0470d-b901-4541-9e0f-1754aa86a0da>
- Van Chuong, L., Hung, P. D. i Diep, V. T. (2019). *Robotic process automation and opportunities for Vietnamese market*. Proceedings of the 7th International Conference on Computer and Communications Management, 86–90. <https://doi.org/10.1145/3348445.3348458>

- Wyskwarski, M. (2015). Metody sztucznej inteligencji w organizacji inteligentnej. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, 86, 159–168 <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-f13c0469-9eb8-4b7e-9d-33-fd830fc71c0a>
- Zająkała, J. (2019). Rozwój sieci 5G. *Infos*, 8, 1–4.
- Związek Pracodawców Branży Internetowej IAB Polska. (2016, 4 maja). *Raport „Internet Rzeczy w Polsce”*. <https://www.iab.org.pl/baza-wiedzy/raport-internet-rzeczy-w-polsce/>