

WPLYW INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ PRZEMYSŁU 4.0 NA ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ

Damian SKÓRNÓG¹

¹Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, damian.skornog@gmail.com;

* Korespondencja: damian.skornog@gmail.com

Streszczenie: Celem pracy jest uzupełnienie luki badawczej odnośnie wpływu innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0 na zarządzanie jakością. Zrealizowanie celu możliwe jest dzięki dokonaniu analizy literaturowej teoretycznych aspektów związanych z zarządzaniem jakością, rewolucjami przemysłami oraz innowacyjnymi rozwiązaniami Przemysłu 4.0. Wzrost popytu w połączeniu z rosnącymi wymaganiami klientów doprowadziły do powstania koncepcji TQM, której celem jest doskonalenie jakości. Koncepcja ta stanowi także solidny fundament do wprowadzania innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0. Dokonanie analizy literaturowej pozwoliło zdekomponować najważniejsze filary czwartej rewolucji przemysłowej takie jak: Internet Rzeczy, chmurę obliczeniową, Big Data, rozszerzoną rzeczywistość, autonomiczne roboty, symulacje oraz cyberbezpieczeństwo. Poprawna implementacja i odpowiednie zarządzanie takimi elementami wpłynie pozytywnie na obsługę procesów, jakość wytwarzanych produktów, większe możliwości zaspokojenia potrzeb klienta, wzrost bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie oraz analizę danych w czasie rzeczywistym.

Słowa kluczowe: innowacje, Przemysł 4.0, jakość, TQM, zarządzanie jakością.

THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 INNOVATIONS ON QUALITY MANAGEMENT

Abstract: The purpose of this paper is to fill the research gap regarding the impact of innovative solutions of Industry 4.0 on quality management. Realization of the goal is possible by making a literature analysis of the theoretical aspects related to quality management, industrial revolutions and innovative solutions of Industry 4.0. The increase in demand, combined with the growing demands of customers, led to the emergence of the TQM concept, which aims to improve quality. This concept also provides a solid foundation for the introduction of innovative solutions of Industry 4.0. Conducting a literature analysis made it possible to decompose the most important pillars of the fourth industrial revolution, such as the Internet of Things, cloud computing, Big Data, augmented reality, autonomous robots, simulation and cyber security. Correct implementation and proper management of such elements will have a positive impact on the handling of processes, the quality of manufactured products, greater ability to meet customer needs, increased enterprise security and real-time data analysis.

Keywords: Innovation, Industry 4.0, quality, TQM, quality management.

1. Wprowadzenie

Wdrożenie w przedsiębiorstwie koncepcji TQM nie należy do łatwych zadań, co przy sukcesywnej implementacji zwróci się w postaci wzrostu jakości wytwarzanych wyrobów, wzrostu satysfakcji klientów, polepszenia relacji z pracownikami oraz będzie stanowiło solidny fundament do wdrażania innowacyjnych rozwiązań. Rosnący popyt na dobra oraz coraz większe wymagania klientów, w połączeniu z ciągłym rozwojem technologii doprowadziły do powstania rewolucji przemysłowych, które w znaczący sposób zmieniły sposób produkcji i konsumpcji dóbr. Wykorzystanie maszyn w procesie produkcyjnym pozwoliło w znaczny sposób zwiększyć wydajność przedsiębiorstw, co w efekcie przełożyło się na inne podejście względem jakości produktu. Najbardziej przełomową rewolucją jest czwarta, ponieważ pozwala ona zatrzeć granicę między światem wirtualnym, a rzeczywistym. Sukcesywne wdrożenie innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0 wymaga opracowania modeli zarządzania jakością.

Celem pracy jest uzupełnienie luki badawczej odnośnie wpływu innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0 na zarządzanie jakością. Opracowanie niniejszego artykułu, może stanowić źródło wiedzy podczas tworzenia modeli zarządzania jakością w przedsiębiorstwach, które chcą wprowadzić, bądź już wdrożyły innowacyjne rozwiązania Przemysłu 4.0.

Realizacja celu możliwa jest dzięki dokonaniu analizy literaturowej odnośnie zagadnień związanych z zarządzaniem jakością oraz rewolucją przemysłową. Część pierwsza poświęcona jest tematowi związanemu z zarządzaniem jakością. Druga część opisuje cztery rewolucje przemysłowe, natomiast trzecia przedstawia wpływ innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0 na zarządzanie jakością. Ostatnim elementem pracy jest podsumowanie, przedstawiające wyniki badań literaturowych odnośnie wpływu innowacyjnych rozwiązań Przemysłu 4.0 na zarządzanie jakością.

2. Kompleksowe podejście do zarządzania jakością

Zarządzanie jakością jest niezwykle ważnym elementem, którego skutki oddziaływać możemy zaobserwować w wielu aspektach. Kierując się literaturą, warto zdekomponować pojęcie jakości na poszczególne kategorie takie jak: ogólne, związane z produkcją, produktem, użytkownikiem, tworzeniem wartości, wielowymiarowe i strategiczne [Gudanowska, 2010]. Wzrost popytu na dobra oraz rosnące wymagania klientów w połączeniu z dynamicznym rozwojem przemysłu doprowadziły do konieczności podejmowania działań, których celem jest doskonalenie jakości. Takie przedsięwzięcie wymaga wysokiej skuteczności zarządzania, co równolegle przełoży się na kreowanie silnej pozycji konkurencyjnej. Tabela nr 1 przedstawia poziomy ewolucji zarządzania jakością.

Tabela 1*Poziomy ewolucji zarządzania jakością*

Poziom	Cechy charakterystyczne / działania w obszarze jakości
I Kontrola jakości (do połowy XX w.)	- złomowanie, sortowanie, klasyfikowanie produktów - działania korygujące, - identyfikacja przyczyn wad,
II Sterowanie jakością (lata 50. i 60. XX w.)	- rozwój narzędzi jakości, - przetwarzanie danych dotyczących działalności, - badanie wyrobu, - podstawy planowania jakości, - wykorzystywanie podstaw statystyki,
III Zapewnienie jakości (lata 70. i 80. XX w.)	- rozwój systemów jakości, - audyt systemów zarządzania, - zaawansowane planowanie jakości, - obliczanie kosztów jakości, - analiza rodzajów i skutków możliwych błędów, - statystyczne sterowanie procesami, itd.
IV Kompleksowe zarządzanie jakością (lata 80. i 90. XX w.)	- dążenie do ciągłej poprawy, - zaangażowanie dostawców i klientów, - zarządzanie procesami, - pomiar wyników działalności, - praca zespołowa, - zaangażowanie pracowników,
V Doskonałość w zarządzaniu jakością (początek XXI w. - obecnie)	- jakość zarządzania, - stosowanie modeli doskonałości, - regularne przeprowadzanie samooceny w kontekście dojrzałości i doskonalenia organizacji, - uwzględnienie elementów społecznej odpowiedzialności, - integracja TQM i zarządzania zasobami ludzkimi.

Note: Piasecka A., Ludwiczak A., Tutko M., „Projakościowe koncepcje zarządzania w szkołach wyższych”, 2021.

Z biegiem czasu, w latach 80 XX wieku [Grudowski, 2020] powstała koncepcja TQM (Total Quality Management), która została wykreowana jako sposób zarządzania organizacją skupiając się na jakości, dzięki ścisłej współpracy wszystkich członków organizacji, celem osiągnięcia długotrwałego sukcesu, będącego wynikiem wysokiego zadowolenia klienta oraz płynących z tego czynnika korzyści dla wszystkich członków organizacji [PN-EN ISO 8402:1996]. Podstawowymi cechami koncepcji TQM są [Zymonik, Hamrol, Grudowski, 2013]:

- Systemowe podejście do jakości wyrobów i procesów;
- Zaangażowanie kierownictwa najwyższego szczebla;
- Nieustanne poszukiwanie możliwości doskonalenia jakości;
- Drożny system informacji wewnątrz firmy;
- Ustawiczne kształcenie pracowników;
- Aktywne współuczestnictwo wszystkich zatrudnionych w tworzeniu produktu;
- Stosowanie metod i technik poprawy jakości oraz rachunku kosztów jakości.

Total Quality Management jest ukierunkowane na wysoką jakość, projakościowe kształtowanie procesów zewnętrznych oraz odpowiednie zarządzanie wszystkimi zasobami oraz procesami przedsiębiorstwa [Mroczo 2012].

Na przestrzeni dziesiątek lat, zostało opracowanych wiele modeli TQM. Jednym z najbardziej podstawowych jest model zarządzania jakością opracowany przez J.S. Oaklanda, który wskazał cztery podstawowe elementy, które są fundamentami zarządzania jakością. Zaliczyć do nich można procesy, planowanie, ludzi oraz rezultaty (Rysunek 1). Zdaniem autora, procesy są elementem spajającym pozostałe obszary, aczkolwiek dopiero integracja wszystkich wymienionych obszarów pozwoli osiągnąć sukces organizacji [Łańcucki, 2006].



Rysunek 1. Model TQM autorstwa J.S. Oaklanda. Źródło: Piasecka A., Ludwiczak A., Tutko M., „Projakościowe koncepcje zarządzania w szkołach wyższych”, 2021.

Implementacja koncepcji TQM może odbywać się w inny sposób w organizacjach z uwagi na wielowymiarowość koncepcji. Efekt działań może zależeć w dużej mierze od wykorzystanych metod, narzędzi, modelu oraz wartości organizacyjnych. Samo wdrożenie TQM nie należy do łatwych zadań. Wymaga to zaangażowania pracowników, kierownictwa, zorientowania na klientów, ciągłego doskonalenia, zarządzania procesami, analizowania informacji oraz ciągłego szkolenia kadry pracowniczej [Kaur, Singh, Singh, 2019]. Trudności z wdrożeniem koncepcji TQM mogą mieć charakter teoretyczny, jak i praktyczny. Jako główne przyczyny niepowodzeń implementacji rozróżnia się nieodpowiedni dobór elementów składowych oraz wykorzystanie nieodpowiednich metod wdrażania TQM. Wyróżnia się bariery takie jak niewystarczająca wiedza pracowników i kierownictwa, brak skutecznej komunikacji, brak podejmowania ryzyka oraz niskie zaangażowanie projakościowe [Soltani, Pei-Chun, Gharneh, 2005]. Poprawna implementacja koncepcji TQM do organizacji przyniesie wiele korzyści w postaci wzrostu produktywności, wyższej jakości wyprodukowanych wyrobów, wzrostu satysfakcji klientów, zysków oraz polepszenia relacji z pracownikami [Piasecka, Ludwiczak, Tutko, 2021].

3. Rewolucje przemysłowe

Pojęcie rewolucja jest terminem, który kojarzy się z gwałtownymi zmianami. W rzeczywistości rewolucje przemysłowe są powolnymi procesami, które momentami nabierały większego rozpędu [Zamorska, 2020]. Były kluczowymi momentami w historii ludzkości, ponieważ w znaczący sposób zmieniły sposób produkcji i konsumpcji dóbr przy jednoczesnym kreowaniu nowej ery w rozwoju społecznym. Każda rewolucja miała swój indywidualny charakter i przyniosła zupełnie inny wpływ na gospodarkę oraz społeczeństwo.

3.1. Pierwsza rewolucja przemysłowa

Pierwsza rewolucja przemysłowa rozpoczęła się w Anglii oraz Szkocji w latach 50 XVIII wieku i trwała do 1840 roku. Kluczową postacią w tym okresie był szkocki inżynier James Watt, który w roku 1769 opatentował silnik parowy zasilany węglem. Opatentowanie udoskonalonego projektu Thomasa Newcomena zyskało wielkie uznanie w przemyśle [Zamorska, 2020]. Wykorzystanie siły pary w połączeniu z mechanizacją produkcji pozwoliło ośmiokrotnie zwiększyć możliwości produkcyjne w stosunku do konwencjonalnych metod [Vinitha, Ambrose Prabhu, Bhaskar, Hariharan, 2020]. Konsekwencją wykorzystania maszyny parowej było powstanie fabryk charakteryzujących się masową produkcją wyrobów z tkaniny. Niedługo później, w roku 1785, Edmund Cartwright opracował narzędzie, które umożliwiło czterdziestokrotnie zwiększyć wydajność w tkactwie. Ciągły rozwój przemysłu w połączeniu z rosnącym popytem nabywców doprowadził do konieczności rozwoju branży transportu. Wykorzystanie transportu konnego oraz morskiego okazało się nie być wystarczające do zaspokojenia potrzeb konsumentów, dlatego zaczęto myśleć o wykorzystaniu maszyny parowej w transporcie, co w efekcie doprowadziło do powstania pierwszej eksperymentalnej lokomotywy w roku 1804, która została stworzona przez Richarda Trevithicka [Pawłowski, 2009].

Ciągły rozwój przemysłu oraz rosnący poziom skomplikowania systemów technicznych doprowadził do podejścia w inny sposób do jakości produktu. Najważniejszymi elementami jakościowymi były [Diakun, 2014]:

- Krótki czas wykonywania operacji produkcyjnych;
- Współpraca produkcyjna;
- Nacisk na dużą ilość produkowanych wyrobów;
- Krótki czas wykonywania operacji produkcyjnych.

Wykorzystanie maszyny parowej doprowadziło do znaczących zmian nie tylko w przemyśle tkackim. Kluczowym aspektem dla tego okresu było uniezależnienie źródła energii od warunków naturalnych, co w efekcie przełożyło się na zwiększenie energetycznych możliwości człowieka w erze mechanizacji. Zachodzące zmiany doprowadziły do powstania nowych zjawisk jakimi są zarządzanie, mechanizacja oraz automatyzacja [Goban-Klas, Sienkiewicz, 1999].

3.2. Druga rewolucja przemysłowa

Druga rewolucja przemysłowa to historyczny okres, w którym znaczenie miały wielkie zmiany w dziedzinie produkcji, przetwarzania i dystrybucji dóbr. Rewolucja ta jest znana także jako rewolucja technologiczna, która miała miejsce między latami 1860, a 1914 [Mohajan, 2020]. Okres ten był kluczowy pod względem wpływu na społeczeństwo, co w efekcie przełożyło się na bardzo szybki wzrost populacji, co miało związek z wykorzystaniem nowych technologii w produkcji żywności i rozwojem nowych technik uprawy roli [Moyer, 2019].

Kolejnym ważnym aspektem drugiej rewolucji przemysłowej były zmiany w przemyśle. Zaczęto wtedy skupiać się bardziej na masowej produkcji oraz wykorzystywaniu narzędzi i maszyn, celem zwiększenia wydajności. Wykorzystanie automatyzacji oraz specjalizacji pozwoliło zwiększyć wydajność przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów [Jones, 2019].

Celem zwiększenia wydajności, zaczęto usprawniać dotychczasowe technologie oraz wymyślano nowe. Amerykańscy wynalazcy stworzyli wiele maszyn, które można wykorzystać zarówno w przemyśle, jak i rolnictwie. Amerykański wynalazca, inżynier i biznesmen Oliver Evans zaprojektował silnik parowy o większej mocy niż ten, który został opracowany przez Jamesa Watta [Hunter, 1985].

Lata 70 XIX w końcu odmieniły ludzkie życie poprzez doprowadzenie elektryczności do domów, które dotychczas były ciemne oraz zadymione od palenia świec oraz gotowania na żelaznym piecu [Gordon, 2012]. Rozwój elektryczności doprowadził do powstania pierwszego silnika elektrycznego, kolejki elektrycznej oraz windy elektrycznej. Twórcą tych wynalazków był Frank J. Spargue, który był znany jako „Ojciec trakcji elektrycznej” [Dalzell, 2009].

Rozwój przemysłu oraz elektryczności doprowadził do migracji milionów ludzi, którzy szukali nowych możliwości zarobkowych. Druga rewolucja przemysłowa była okresem dynamicznych zmian w dziedzinie produkcji, przetwarzania oraz dystrybucji dóbr. Wynalezienie wielu nowych technologii pozwoliło zwiększyć zasięg oraz znaczenie produkcji masowej, automatyzacji i specjalizacji.

3.3. Trzecia rewolucja przemysłowa

Trzecia rewolucja przemysłowa rozpoczęła się w latach 70 XX wieku poprzez częściową automatyzację przy wykorzystaniu komputerów oraz automatyzację przemysłu [Rifkin, 2011]. Jest to okres w historii gospodarki, w którym nastąpiło połączenie technologii cyfrowych takich jak: internet, technologie przetwarzania danych, sztuczna inteligencja, robotyka, druk 3D i technologie mobilne [Twarowska, Węgrzyn, 2017]. Celem połączenia takich technologii jest usprawnienie procesów produkcyjnych oraz zwiększenie wydajności, co ma również odzwierciedlenie w poprawie jakości życia ludzi oraz zmniejszeniu ubóstwa ludzi dzięki zmniejszeniu bezrobocia.

Pomimo wielu korzyści wynikających z trzeciej rewolucji przemysłowej, należy się także zmierzyć z wieloma wyzwaniami. Jednym z nich jest świadomość faktu, że wiele osób może stracić pracę z uwagi na rosnącą liczbę maszyn i rozwój technologii, które mogą zastąpić ludzką pracę [Dresner Li, 2018]. Kolejnym wyzwaniem jakiemu należy sprostać jest zapewnienie, że technologia jest wykorzystywana w odpowiedzialny sposób, a przemysł nie stworzy nowych zagrożeń dla środowiska naturalnego [Błaszczak, Wojtas, 2019].

Trzecia rewolucja przemysłowa ma znaczący wpływ na świat oraz szeroki zakres dziedzin takich jak produkcja, energetyka, transport i usługi. Głównym celem technologii jest usprawnianie wydajności przedsiębiorstw przy jednoczesnym wzroście produktywności. Możliwe jest to dzięki wprowadzaniu nowych produktów i usług, zwiększeniu wydajności pracy oraz zmniejszaniu kosztów produkcji [Kostoryz, 2020].

3.4. Czwarta rewolucja przemysłowa

Początki czwartej rewolucji przemysłowej nastąpiły w XXI wieku. Postrzegana jest ona jako okres wielkich zmian w zakresie produkcji, planowania, eksploatacji oraz serwisu systemów produkcyjnych. W literaturze natomiast, czwarta rewolucja przemysłowa jest stosowana zamiennie z terminem „Przemysł 4.0” [Davies, 2015]. Opisuje ona zasady funkcjonowania organizacji stosujących systemy takie jak [Furmanek 2018]:

- Systemy i modelowanie cyberfizyczne;

- Internet rzeczy i usług;
- Możliwości przetwarzania chmurowego;
- Internet Wszechrzeczy.

Obecna rewolucja jest rozszerzeniem trzeciej przy jednoczesnym dodaniu paru założeń w postaci fuzji technologii oraz zatarciu granic między sferami fizycznymi, cyfrowymi oraz biologicznymi. Wykładnicze tempo ewolucji sprawia, że następują zmiany funkcjonowania każdej gałęzi przemysłu poprzez transformację systemów produkcji zarządzania. Możliwe jest to dzięki dostarczaniu technologii komputerowej i informatycznej, która ma wpływ na poszczególne przedsiębiorstwo oraz społeczeństwo. Implementacja tego typu rozwiązań pozwala kreować popyt na miliony nowych miejsc pracy, co przekłada się na wzrost zapotrzebowania na nowe umiejętności oraz kwalifikacje pracowników [Hummelgaard, 2020]. Głównym założeniem Przemysłu 4.0 jest dostęp do informacji w dowolnym czasie oraz z dowolnego miejsca na świecie w oparciu o integrację inteligentnych rozwiązań i systemów IT [Wodnicka, 2021]. Wykazuje także ogromny potencjał pod względem możliwości rozwoju technologii produkcyjnych tworzących wartość dla klienta. Takie przedsięwzięcie wymaga opracowania oraz wdrożenia nowych modeli biznesowych, które wymagają założenia kosztów zbliżonych względem produkcji masowej, elastyczności względem potrzeb klienta oraz możliwości predykcyjnego reagowania na zakłócenia [Nosalska, Śledziwska, Włoch, Gracel, 2020].

4. Innowacyjne rozwiązania w czwartej rewolucji przemysłowej oraz ich wpływ na zarządzanie jakością

Ciągle rosnący popyt w połączeniu z rosnącymi wymaganiami klientów w oparciu o rozwój technologii i przemysłu doprowadziły do powstania czwartej rewolucji przemysłowej. Aby sprostać wyzwaniom, zdekomponowano najważniejsze filary Przemysłu 4.0. Zaliczyć do nich możemy: Internet Rzeczy (IoT), chmurę obliczeniową, Big Data, rozszerzoną rzeczywistość, autonomiczne roboty, symulacje oraz cyberbezpieczeństwo [Vinitha, Ambrose, Bhaskar, Hariharan, 2020].

Internet Rzeczy (IoT) jest to pojęcie określające urządzenia uruchamiające oraz sensory, które są osadzone w maszynach celem zdalnego monitorowania, podejmowania decyzji oraz gromadzenia danych [Wielki, 2016]. Zastosowania IoT są niemalże nieograniczone. Występuje on w branżach sektora prywatnego takich jak: finanse, logistyka, motoryzacja, rolnictwo oraz w sektorze publicznym, służbie zdrowia oraz gospodarstwach domowych [Malucha, 2018]. Listę zastosowań IoT można zdekomponować następujące pojęcia [Satish, Varma, 2017]:

- Inteligentne życie – wykorzystanie innowacji technologicznych, celem wzrostu bezpieczeństwa konsumenta oraz uproszczenia życia.
- Inteligentna mobilność – wzrost niezawodności oraz komfortu podróży, dzięki zarządzaniu trasami w czasie rzeczywistym. Możliwe jest to między innymi dzięki wykorzystaniu pojazdów z Internetem.
- Inteligentne miasto – poprawa jakości życia w miastach poprzez zwiększenie bezpieczeństwa oraz wydajności energetycznej. Możliwe jest to dzięki wykorzystaniu inteligentnych urządzeń pomiarowych, których dane są później analizowane.

- Inteligentna produkcja – polega na wykorzystaniu specjalnych oprogramowań, celem optymalizacji procesów, kontroli jakości oraz lepszego dostosowania względem potrzeb klienta.

Chmura obliczeniowa definiowana jest jako usługa zdalnego udostępniania, przetwarzania i przechowywania danych. Polega ona na obsłudze jednego komputera fizycznego przy wykorzystaniu wielu komputerów wirtualnych [Krok, 2017]. Ważnymi cechami chmury są skalowalność i elastyczność, które umożliwiają regulację wydajności względem ilości i potrzeb użytkowników. Aby w pełni wykorzystać potencjał tego typu rozwiązania, należy wziąć pod uwagę wiele wyzwań oraz czynników, ponieważ to właśnie od nich zależy sukces wdrożenia chmury. Główną barierą przed jaką postawione są przedsiębiorstwa jest bezpieczeństwo danych. Związane jest to z brakiem jednoznacznych regulacji prawnych, co w efekcie prowadzi do braku normalizacji umów między dostawcami chmury oraz jej konsumentami [Krok, 2017]. Do głównych wad korzystania z chmury obliczeniowej możemy zaliczyć [Jeffery, Neidecker-Lutz, 2010]:

- brak fizycznej kontroli danych;
- brak pełnej poufności;
- możliwość kradzieży danych;
- możliwość sfałszowania danych;
- uzależnienie od dostawcy.

Pomimo wielu wad i barier, wykorzystanie chmury obliczeniowej niesie wiele korzyści związanych z optymalizacją wydatków inwestycyjnych i operacyjnych. Takie rozwiązanie pozwala także uniknąć wydatków związanych z utrzymaniem serwerów. Wykorzystanie chmury obliczeniowej umożliwia wykorzystanie pełnego potencjału względem wykorzystywania serwerów, gdzie wzrost zapotrzebowania na moc obliczeniową wiązałby się z poniesieniem kosztów związanych z rozbudową serwerowni, natomiast późniejszy spadek zapotrzebowania, skutkowałby niewykorzystaniem pełnego potencjału poniesionej inwestycji. To właśnie po stronie dostawcy spoczywa obowiązek zapewnienia zasobów o dowolnej porze oraz zarządzanie sprzętem i oprogramowaniem. Dodatkowym atutem chmury jest wzrost wydajności spowodowany brakiem przestoju z tytułu awarii [Krok, 2017].

Big Data jest to pojęcie określane jako zbiór złożonych danych, które nie są możliwe do przetworzenia przy wykorzystaniu tradycyjnych aplikacji [Racka, 2016]. Głównym założeniem tej ideologii jest możliwość analizy danych w czasie rzeczywistym. Takie zadanie nie należy do prostych, ponieważ dane często mają budowę niestrukturalną, co w połączeniu z dużym napływem danych, prowadzi do wzrostu zapotrzebowania na moce obliczeniowe. W celu uniknięcia ciągłego inwestowania w coraz to lepsze maszyny, zaczęto wykorzystywać skalowanie poziome, które polega na dodawaniu kolejnych maszyn [Racka, 2016]. W logistyce, Big Data wykorzystywana jest np. w zarządzaniu zapasami, celem uzyskania maksymalnej wydajności operacyjnej.

Rozszerzona rzeczywistość jest elementem zacierającym barierę między światem rzeczywistym, a wirtualnym w czasie rzeczywistym. Takie rozwiązanie wymaga wykorzystania odpowiedniego sprzętu, które umożliwi [Rusek, Pniewski, 2017]:

- Ujęcie obiektu – przechwycenie danych przy wykorzystaniu aparatu fotograficznego;
- Identyfikacji obiektu – określenie obiektu przy wykorzystaniu czujników, podczerwieni, lasera lub specjalnego znacznika;
- Przetworzenie obiektu – rozpoznanie obiektu następuje poprzez wysłanie zapytania do określonej bazy danych, celem uzyskania odpowiedzi zwrotnej z informacją;
- Wizualizacja obiektu – system AR renderuje obraz wirtualny, który po nałożeniu na rzeczywistość, staje się mieszanką przestrzeni wirtualnej i realnej.

Do urządzeń spełniających takie wymagania można zaliczyć [Rusek, Pniewski, 2017]:

- Urządzenia przenośne – smartfony i tablety wyposażone są w bardzo wydajne procesory, które posiadają dużą moc obliczeniową oraz aparaty z wysoką rozdzielczością. Adaptacja AR jest możliwa przy wykorzystaniu czujników takich jak akcelerometr, kompas lub GPS;
- Stacjonarne urządzenia z systemem AR – posiadają one większe wyświetlacze z odpowiednią rozdzielczością. Wyposażone są w systemy wizyjne, które umożliwiają np. rozpoznawanie obiektów lub ludzi;
- Wyświetlacze HMD – urządzenie obsługujące stereoskopowe obrazy 3D. Umożliwia wyświetlanie obrazów fizycznych oraz wirtualnych w tym samym czasie. Użytkownik nie widzi świata rzeczywistego, lecz obraz wideo świata rzeczywistego z nałożonymi elementami wirtualnymi. Taka technologia pozwala wprowadzić użytkownika w stan zmieszanego świata realnego z rzeczywistym.

Wykorzystanie wirtualnej rzeczywistości wymaga sporych nakładów inwestycyjnych oraz specjalistów, którzy wdrożą innowacyjne rozwiązania, które wspomogą pracowników w wykonywanych pracach poprzez zwiększenie ich wydajności, zmniejszenia liczby błędów oraz liczby godzin potrzebnych na przeszkolenie pracownika.

Autonomiczne roboty – są to urządzenia zaprogramowane do wykonywania określonych czynności, które są w stanie zastąpić człowieka. Cechują się one niezależnością, którą można interpretować jako samodzielność podczas podejmowania decyzji. Decyzje te są podejmowane za pośrednictwem sensorów, które odbierają informacje z środowiska. Informacje te są przetwarzane i na ich podstawie następuje oddziaływanie na środowisko. Wykorzystywane są w produkcji przemysłowej, w transporcie, magazynowaniu, wojskowych systemach obronnych oraz podczas działań w obszarach niezwykle niebezpiecznych i trudnodostępnych dla człowieka [Opaliński, 2016]. Wykorzystanie autonomicznych robotów wymaga poniesienia inwestycji, która zwróci się w postaci podwyższonej jakości produkowanych dóbr, zwiększenia bezpieczeństwa oraz wzrostu wydajności procesów w przedsiębiorstwie.

Symulacje – polegają na uproszczonym przedstawieniu rzeczywistości celem zrozumienia i objaśnienia danego zjawiska, procesu lub prognozowania [Zaskórski, 2012]. Wymagają one utworzenia uproszczonego modelu symulacyjnego, które uwzględniają potencjalne turbulencje środowiska. Ciągła zmienność otoczenia sprawia, że modele nie posiadają struktury liniowej. Są one połączeniem metod analitycznych oraz rzeczywistych. Symulacje umożliwiają analizę przebiegu możliwych scenariuszy, tworzenie własnych wariantów scenariuszy, dokonanie analizy przepustowości badanej infrastruktury oraz tworzenia własnych opracowań [Zaskórski, Ogórek, 2019].

Cyberbezpieczeństwo – jest to odporność systemów informacyjnych na działania naruszające poufność, autentyczność i dostępność przetwarzanych danych [Dz. U. 2022 poz. 1863]. Do najpopularniejszych rodzajów ataków cybernetycznych możemy zaliczyć [Bałut, Budek, 2018]:

- Malware – złośliwe oprogramowanie, którego celem jest wykorzystanie zainfekowanego urządzenia w celu przeprowadzenia ataku na organizacje rządowe, kradzież danych osobowych lub zdobywanie wirtualnych walut;
- Phishing – uzyskanie danych do logowania pokrzywdzonej osoby, celem dokonania późniejszych oszustw podszywając się pod osobę poszkodowaną;
- Cross – site scripting – umieszczenie na stronie internetowej skryptu, który przeprowadzi działania, których nie planował użytkownik;
- DDoS – sparaliżowanie systemu komputerowego, poprzez wysyłanie dużej ilości zapytań;
- Brute force – generowanie haseł oraz ich późniejsze próbowanie w różnych systemach. Jest to groźna metoda dla osób, które posiadają słabo zabezpieczone hasła;

- Ransomware – zaszyfrowanie danych użytkownika, oraz ich późniejsze odblokowanie w zamian za opłatę.
- SQL Injection – kradzież danych, dzięki wykorzystaniu luki bezpieczeństwa w bazie danych.

Innowacyjne rozwiązania Przemysłu 4.0 mają znaczący wpływ na zarządzanie jakością. Wykorzystanie sensorów oraz urządzeń do pozyskiwania danych z otoczenia, pozwala implementować dane do bazy danych, co w połączeniu z wykorzystaniem technologii Big Data, pozwala przetwarzać i analizować dane w czasie rzeczywistym. Niezwykle ważnym aspektem jest także wykorzystanie technologii AR, która pozwala zwiększyć wydajność pracowników i zmniejszyć ilość błędów przez nich popełnianych, dzięki zacieraniu świata realnego z wirtualnym.

5. Wnioski

Wzrost popytu w połączeniu z rosnącymi wymogami klientów doprowadziły do konieczności podejmowania konkretnych działań w celu doskonalenia jakości. Powstanie koncepcji TQM w oparciu o ścisłą współpracę wszystkich członków organizacji umożliwia osiągnięcie sukcesu, który jest wynikiem wysokiego zadowolenia klienta oraz korzyści dla wszystkich członków organizacji. Wdrożenie TQM w przedsiębiorstwie, stanowi solidny fundament dla przyszłego wdrażania innowacji technologicznych.

Rozwój technologiczny doprowadził do powstania rewolucji technologicznych, które zmieniły sposób produkcji i konsumpcji dóbr, przy jednoczesnym kreowaniu nowej ery w rozwoju społecznym. Wykorzystanie maszyny parowej w procesie produkcyjnym, było przełomowym etapem w rozwoju przemysłu. Zwiększenie wydajności produkcyjnej w połączeniu z rosnącym popytem doprowadziło do konieczności rozwoju transportu, ponieważ branża ta nie była w stanie zaspokoić potrzeb konsumentów. Wraz z rozwojem przemysłu w branży produkcji żywności, zaobserwowano nagły wzrost populacji, co doprowadziło do powstania kolejnych trudności związanych z zaspokojeniem popytu. W celu zwiększenia możliwości produkcyjnych, zaczęto wykorzystywać coraz to nowsze rozwiązania takie jak prąd, a później specjalistyczne maszyny i systemu nim zasilane.

Czwarta rewolucja przemysłowa okazała się być najbardziej przełomową z uwagi na zatarcie granic między światem wirtualnym, a rzeczywistym. Możliwe jest to dzięki dostarczeniu oraz wykorzystaniu technologii komputerowej oraz informatycznej, co przekłada się na kreowanie popytu na miliony nowych miejsc pracy. Przemysł 4.0 można zdekomponować na główne filary takie jak: Internet Rzeczy, chmurę obliczeniową, Big Data, rozszerzoną rzeczywistość, autonomiczne roboty, symulacje oraz cyberbezpieczeństwo, które przyniosą przedsiębiorstwu korzyści w postaci sprawniejszej obsługi procesów, wytworzenia produktu lepszej jakości, większe możliwości zaspokojenia potrzeb klienta, wzrost bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie oraz analizę danych w czasie rzeczywistym.

Bibliografia

1. Bałut D., Budek K., „Cyberbezpieczeństwo dla przedsiębiorców: Nowa era zagrożeń”, Otwock 2019.
2. Błaszczak P., Wojtas P., „Trzecia rewolucja przemysłowa: zmiana technologiczna a jej wpływ na gospodarkę światową”, Warszawa 2019.
3. Dalzell F., „Engineering Invention: Frank J. Sprague and the US Electrical Industry”, MIT Press 2009.
4. Davies R., „Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth”, Briefing 2015.
5. Diakun J., „Geneza norm zarządzania jakością serii ISO 9000”, Koszalin 2014.
6. Dresner S., Li Y., „Trzecia rewolucja przemysłowa: zarządzanie i wdrażanie zmian technologicznych”, Elsevier 2018.
7. Furmanek W., „Najważniejsze idee czwartej rewolucji przemysłowej (Industrie 4.0)”, Dydaktyka informatyki 2018.
8. Goban-Klas T., Sienkiewicz P., „Społeczeństwo informacyjne: Szanse, zagrożenia, wyzwania”, Wyd. Fundacji Postępu Telekomunikacji 1999.
9. Gordon R. J., „Is US Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds.”, Cambridge 2012.
10. Grudowski P., „Perspektywa jakości w szkolnictwie wyższym”, PWE 2020.
11. Gudanowska A., „Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym”, Ekonomia i Zarządzanie 2010.
12. Hummelgaard P., „The jobs forecast is unsettled. It's time for a reskilling revolution”, Dania 2020.
13. Hunter L. C., „A history of Industrial Power in the United States”, The MIT Press 1985.
14. Jeffrey K., Neidecker-Luitz B., „The future of Cloud Computing: Opportunities for European Cloud Computing Beyond”, European Commission 2010.
15. Jones N., „The Industrial Revolution”, World Scientific Books 2019.
16. Kaur M., Singh K., Singh D., „Synergetic success factors of total quality management (TQM) and supply chain management (SCM)”, QUALITY PAPER 2019.
17. Kostoryz A., „Trzecia rewolucja przemysłowa i jej wpływ na gospodarkę”, 2020.
18. Krok E., „Chmura obliczeniowa w przedsiębiorstwie”, Organizacja i Zarządzanie : kwartalnik naukowy 2017.
19. Łańcucki J., „Podstawy kompleksowego zarządzania jakością TQM”, Poznań 2006.
20. Malucha M., „Internet rzeczy – kontekst technologiczny i obszary zastosowań”, Studia i Prace WNEIZ US 2018.
21. Mohajan K. H., „The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments”, Bangladesz 2020.
22. Moyer A., „What was the Second Industrial Revolution?”, 2019.
23. Mroczko F., „Zarządzanie jakością”, Wrocław 2012.
24. Norma PN-EN ISO 8402:1996 Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Terminologia, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1996.
25. Nosalska K., Śledziwska K., Włoch., Gracel J., „Wsparcie dla Przemysłu 4.0 w Polsce”, Delab UW 2020.
26. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 22 lipca 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o krajowym systemie cyberbezpieczeństwo.
27. Opaliński A., „Systemy robotów autonomicznych”, Kraków 2016.
28. Pawłowski A., „Rewolucja rozwoju zrównoważonego”, Lublin 2009.
29. Piasecka A., Ludwiczak A., Tutko M., „Projakościowe koncepcje zarządzania w szkołach wyższych”, Kraków 2021.
30. Racka K., „Big Data – Znaczenie, zastosowania i rozwiązania technologiczne”, Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku 2016.
31. Rifkin J., „The Third Industrial Revolution”, St. Martin's Press 2011.

32. Rusek D., Pniewski R., „Systemy logistyczne – wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości”, Białystok 2017.
33. Satish G.N., Varna P.S., „Internet of Things – Opportunities, Applications and Challenges in the Prospective Smart World”, 2017.
34. Soltani E., Pei-Chun L., Gharnah N. S., „Breaking Through Barriers to TQM Effectiveness: Lack of Commitment of Upper-Level Management”, European Journal of Business and Management 2005.
35. Twarowska A., Węgrzyn G., „Trzecia rewolucja przemysłowa – zmiana technologiczna a jej wpływ na gospodarkę światową”, 2017.
36. Vinita K., Ambrose Prabhu R., Bhaskar R., Hariharan R., „Review on industrial mathematics and materials at Industry 1.0 to Industry 4.0”, Procedia Computer Science 2020.
37. Wielki J., „Internet rzeczy i jego wpływ na modele biznesowe współczesnych organizacji gospodarczych”, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach 2016.
38. Wodnicka M., „Wpływ czwartej rewolucji przemysłowej na innowacyjność usług”, Optimum. Economic Studies 2021.
39. Zamorska K., „Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno – analityczne), Studia BAS 2020.
40. Zaskórski P., „Asymetria informacyjna w zarządzaniu procesami”, Systemy Logistyczne Wojsk 2012.
41. Zaskórski P., Ogórek M., „Modele symulacyjne w doskonaleniu procesów logistycznych w systemach zarządzania kryzysowego”, Academica 2019.
42. Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P., „Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem”, PWE 2013.