

WSTĘP

Tworzymy technologie, dzięki którym możemy w istotnym stopniu zmieniać świat. Wraz z tą potęgą spada na nas jednak również większa odpowiedzialność.

Erik Brynjolfsson, Andrew McAfee, *Drugi wiek maszyn*

Sztuczna inteligencja (*Artificial Intelligence, AI*), Internet Rzeczy (*Internet of Things, IoT*), Big Data, chmura obliczeniowa (*Cloud Computing*) czy blockchain rozwijają się w zawrotnym tempie, stając się katalizatorem kolejnych innowacji i postępu. Pozwalają sięgać do dotychczas nieodkrytej i nieograniczonej inteligencji, która nie jest jednowymiarowa, lecz stanowi bogato ustrukturowaną przestrzeń różnorodnych zdolności przetwarzania informacji¹. Dzięki temu Biznes 4.0 i Przedsiębiorstwo 4.0 zmierzają od analogowej przeszłości, poprzez cyfrową terażniejszość, ku wyzwaniom autonomicznej przyszłości.

Innowacja jest kluczem do ich przetrwania² i rozwoju. Powinna być ona postrzegana holistycznie, zarówno z punktu widzenia poszczególnych technologii i ich ekosystemu, jak i nowych, niestosowanych dotychczas sposobów ich implikacji w praktyce. Sama bowiem biegułość technologiczna nie jest kryterium wystarczającym – technologie cyfrowe muszą stać się integralną częścią strategii i orientacji wszystkich uczestników rynku.

Zintegrowany dogmat funkcjonalności inteligentnej gospodarki, inteligentnego biznesu i Przedsiębiorstwa 4.0 opartych na technologiach cyfrowych obejmuje szerokie spektrum wielozadaniowości oddziałujących na siebie elementów. Akceptacja postępu technologicznego i komercjalizacja technologii cyfrowych zmienia bowiem ich pozycję w procesie zarządzania, prowadząc do konceptualizacji nowych sposobów konkurowania.

I chociaż transformacja cyfrowa i związane z nią technologie budzą entuzjazm wielu osób, to bez wątpienia pociągają za sobą również ryzyko i pewne ograniczenia, w tym w obszarze bezpieczeństwa danych czy natury etycznej wdrażanych rozwiązań. Wymaga to interoperacyjności podmiotów rynkowych, ich nowego spojrzenia na rynek, na którym funkcjonują i coraz większych umiejętności cyfrowych. Biznes 4.0 jest bowiem wynikiem złożoności świata, w jakim przyszło im funkcjonować. Zdolność do dostosowania się musi być wbudowana w ich swoisty kod genetyczny, stając o poziomie ich samoopimalizacji zarówno z aktywnym udziałem człowieka,

¹ M. Boden (2020), *Sztuczna inteligencja*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 13.

² J. Appelo (2016), *Zarządzanie 3.0*, Wydawnictwo Helion, Gliwice, s. 76.

jak i zupełnie bez jego udziału – w sposób całkowicie autonomiczny. Inwestycje bowiem w technologie cyfrowe to także naturalna inwestycja w ewolucję człowieka – menedżera, pracownika, konsumenta.

Tytuł publikacji zwraca szczególną uwagę na sztuczną inteligencję, która obecnie rozpała wyobraźnię ogromem swojego potencjału. Książka ma jednak znacznie szersze spektrum i podejmuje problematykę roli technologii cyfrowych, w tym zwłaszcza Internetu Rzeczy i Big Data w Biznesie 4.0 i Przedsiębiorstwie 4.0. Prezentuje najważniejsze trendy i zjawiska związane z kierunkami rozwoju i dynamiką tych technologii w ujęciu biznesowym i społecznym. Rozpatruje ich wpływ, zarówno na procesy zarządcze, rozumiane jako złożony mechanizm prowadzący do realizacji osiągniętych celów Przedsiębiorstwa 4.0 w warunkach digitalizacji, jak i na jego wybrane obszary funkcjonalne (np. logistyka, marketing, zarządzanie zasobami ludzkimi itp.). Monografia pozwala spojrzeć na dotychczasowe praktyki biznesowe i stopniowy proces ich redefinicji. Łączy w sobie walory deskryptywne, konceptualne i praktyczne, integrując świat nauki i praktyki. Ich synergia stanowi kluczowy element rozwoju biznesu w warunkach postępującej transformacji cyfrowej.

Książka prezentuje interdyscyplinarny dorobek naukowy pracowników różnych polskich uczelni wyższych, wsparty komentarzami eksperckimi. Udzielili ich przedstawiciele takich firm i organizacji jak: Atlas, Centrum Technologii Bezpieczeństwa w Logistyce Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego, CyberRescue, Dachser Polska, Deloitte Digital CE, Digital Teammates, Digital Workforce, EDGE NPD, Inwedo, Lech Kaniuk Holding, Nordea Bank Abp, PGE Obrót, Polska Izba Systemów Bezzałogowych, Team Connect, Terra Hexen i Uptime Bots.

Monografia składa się z ośmiu interdyscyplinarnych rozdziałów, stanowiących wzajemnie ściśle powiązaną i spójną merytorycznie całość, pozwalającą na szeroką i wielowymiarową dyskusję nad omawianymi zagadnieniami. Ze względu na fakt, że rewolucja cyfrowa wciąż jest w początkowej fazie rozwoju, wiele z analizowanych w monografii problemów odwołuje się do estymacji, podejmując próbę przewidywania nie tylko potencjalnych korzyści, ale również i zagrożeń związanych z technologiami cyfrowymi w Przedsiębiorstwie 4.0. Ułatwia to kreowanie optymalnych modeli biznesowych w interakcjach *Human to Human*, *Human to Machine*, *Machine to Human* i *Machine to Machine*, a także kształtowanie nowych paradygmatów, stanowiących rozwinięcie rozwiązań dotychczasowych lub ich częściową, a nawet całkowitą negację. Ignorowanie wpływu technologii cyfrowych na Przedsiębiorstwo 4.0 i jego rolę w biznesie może doprowadzić do wypaczenia praktyki zarządzania, gdy w gorączkowym pośpiechu straci ono swoją skuteczność i stanie się zbyt powierzchowne, zbyt oderwane od konkretności, zbyt konformistyczne i zbyt przypominające zwyczajny wykalkulowany chaos³.

³ H. Mintzberg (2009), *Zarządzanie*, Oficyna Wolters Kluwer Business, Warszawa, s. 60–61.

Autorzy mają nadzieję, że opisane zagadnienia wpiszą się w szeroką dyskusję nad konsekwencjami procesu transformacji cyfrowej, stając się inspiracją do dalszych studiów nad rolą omawianych technologii w ewolucji biznesu i ciągłym replikowaniu inteligencji Przedsiębiorstwa 4.0. Technologie cyfrowe są bowiem dla ludzkiego intelektu tym, czym dla ludzkich mięśni była maszyna parowa oraz technologie pokrewne stworzone w czasach rewolucji przemysłowej. Pozwalają one błyskawicznie pokonywać liczne ograniczenia i w bezprecedensowo szybki sposób przekraczać kolejne granice. Możliwość sterowania nimi wciąż pozostaje jednak w rękach ludzi, dla których technologie te są nadal tylko narzędziami⁴ stanowiącymi o dalszej autopoezie Przedsiębiorstwa 4.0.

Bogdan Gregor

Dominika Kaczorowska-Spychalska

⁴ A. McAfee, E. Brynjolfsson (2016), *Wielki rozdźwięk*, „Harvard Business Review Polska”, nr 3, s. 58.

I. SYSTEMY INFORMATYCZNE JAKO FUNDAMENT PRZEDSIĘBIORSTWA 4.0

prof. dr hab. Ryszard Romaniuk

Politechnika Warszawska,
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

Wprowadzenie

Pojęcie Przedsiębiorstwo 4.0 jest elementem Przemysłu 4.0 i Biznesu 4.0. Pozwala poszerzyć rozumienie istoty przedsiębiorczości, podlega ewolucyjnej redefinicji i próbom uporządkowania, a także standaryzacji w wyniku działań instytucji gospodarczych, informatycznych, prawnych, społecznych i politycznych. Wyodrębniona do tej pory, prawnie i ekonomicznie, jednostka gospodarcza uzyskuje dodatkowy wymiar, stając się podmiotem stanowiącym element funkcjonalnego globalnego systemu informatycznego, a w przyszłości systemu wiedzy i rozszerzonej rzeczywistości.

W takim przedsiębiorstwie spotykają się i przenikają coraz bardziej zintegrowane płaszczyzny działań technicznych, logistycznych, analitycznych, sieciowych, decyzyjnych, przemysłanych, emocjonalnych i wielu innych podejmowanych wspólnie przez człowieka i system informatyczny. Ich splot, jeszcze niedawno nieprawdopodobny, staje się wręcz fundamentalny, gdzie emocje mogą być ważone i oceniane przez coraz bardziej inteligentną maszynę, czasem w kontrze do człowieka. Menedżer Przedsiębiorstwa 4.0, coraz silniej wspomagany przez systemy informatyczne, musi umieć odnaleźć się w tych nowych warunkach, intensywnie się doksztalając i transformując swoje rozumienie przedsiębiorczości, aby dojrzeć do nieuchronnej cyfrowej transformacji gospodarki. Zmusza to do rozważenia systemów informatycznych i ich otoczenia technologicznego¹, tworzącego bezpieczne², zintegrowane środowisko³ Internetu Rzeczy⁴, Big Data⁵, chmury obliczeniowej⁶ i sztucznej inteligencji⁷, wspierających przedsiębiorczość⁸ w ramach rozwijanego standardu Przemysłu 4.0 i Przedsiębiorstwa 4.0⁹.

W wojsku i gospodarce XXI w. o przewadze nie decyduje już siła, tylko coraz bardziej rozproszona sztuczna inteligencja, która nie tylko gromadzi, zawsze i wszędzie, ale także przetwarza natychmiast wielkie ilości danych. Przewaga tkwi w nowych menedżerach korzystających z tych zasobów, którzy dzięki większej i dokładniejszej wiedzy mogą podejmować lepsze decyzje.

Zapotrzebowanie na produkty proste, materiałochłonne, energochłonne, nieekologiczne będzie malało, wymuszane także polityką społeczną¹⁰. Zaś potrzeba posiadania

¹ IEEE Spectrum (2020), no. 1, 2020 [spectrum.ieee.org].

² CyberDefence24.pl.

³ DBE Digital Business Ecosystems [digital-ecosystems.org].

⁴ IEEE World Forum on IoT [wfiot2020.iot.ieee.org].

⁵ Data Science [datascience.ii.pw.edu.pl].

⁶ IEEE Cloud Computing [cloudcomputing.ieee.org]; IEEE ICDM2020 [icdm2020.unical.it].

⁷ IEEE World Forum on IoT [wfiot2020.iot.ieee.org].

⁸ E. Nowakowski, M. Hausler, R. Breu (2018), *Analysis of enterprise architecture tool support for Industry 4.0 transformation planning*, IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop, s. 184–191.

⁹ F. Moreira, M. J. Ferreira, I. Secura (2018), *Enterprise 4.0 the emerging digital transformed enterprise?*, „Procedia Computer Science”, no. 138, s. 525–532.

¹⁰ W. Ge, L. Guo, J. Li (2017), *Toward greener and smarter process industries*, „Engineering”, no. 3, s. 152–153.

produktów inteligentnych zdecydowanie będzie rosła. Większość armii ma potężne rakiety, które jednak nie są inteligentne. Podobnie jest w przemyśle, gdzie spora część obecnej produkcji i usług jest prosta, ale jeszcze akceptowana i kupowana. Zaledwie kilka krajów stać obecnie na kosztowne badania nad pojazdami autonomicznymi. Nadal jednak pilot jest znacznie więcej warty od maszyny. Wieloletnie kształcenie wyselekcjonowanej kadry kosztuje setki milionów dolarów, a pilotów kształconych bez przerwy jest bardzo mało, bowiem system nie posiada redundancji. Miesięczna przerwa w treningu cofa pilota o rok, a półroczna praktycznie wyklucza go z systemu, cofając do początku treningów.

Menedżer transformujący się w Przedsiębiorcę 4.0 upodabnia się do pilota. Procesy i technologie wspomagające go, rozwijane w nauce i w wojsku, są szybko adaptowane przez gospodarkę. Zjawiska gospodarcze przebiegają szybciej i jest ich więcej. W biznesie o przewadze nie decyduje sprawna i prosta produkcja, ale automatyzacja, cyfryzacja, innowacje, analityka biznesowa bazująca na Big Data oraz wspomagających systemach informatycznych budowanych w architekturze sztucznej inteligencji i Internetu Rzeczy. Fundamentem Gospodarki 4.0, podobnie jak w wojsku, nie są tylko systemy produkcyjne i informatyczne, ale bardzo wykształcony i ciągle doszktałcany Przedsiębiorca 4.0. Takiemu otwartemu na innowacje, i w tym na nowe ryzyka, przedsiębiorcy asystuje w coraz większym stopniu coraz pełniejszy funkcjonalnie, cyfrowy ekosystem wspomagania gospodarki. Wzmocnienie w takiej pętli sprzężenia zwrotnego między Przedsiębiorcą 4.0 a Przedsiębiorstwem 4.0 będzie rosło. System z dużym wzmocnieniem w pętli sprzężenia działa szybko, ale może być też niebezpieczny, co powoduje, że Przedsiębiorca 4.0 musi stać się innym człowiekiem.

Przedsiębiorco dot.com, zanim zdecydujesz się na transformację w dot.4.0, zastanów się, czy dasz radę być jak pilot odrzutowca. Ekosystem Przemysłu 4.0¹¹ bardzo wspomaga Twoje przedsiębiorstwo w transformacji w kierunku Przedsiębiorstwa 4.0¹², przyspieszy i zracjonalizuje wszystkie funkcje, ale zmusi Ciebie do potrójnego wysiłku, do opanowania i adaptacji sporej porcji nowej wiedzy, do doszktałcania się, do działania menedżerskiego w innym tempie, niż to robisz do tej pory, mimo że według Ciebie robisz to bardzo sprawnie. Czy jesteś gotów na bombardowanie przez strumienie nowych informacji? Czy jesteś gotów na obdarzenie zaufaniem potężnych systemów informatycznych, których działania do końca nie jesteś w stanie zrozumieć, a które podejmują częściowo decyzje za Ciebie. A może to jednak zadanie nie dla Ciebie, tylko dla następnego pokolenia?¹³

¹¹ E. Nowakowski, M. Hausler, R. Breu (2018), *Analysis of enterprise architecture tool support for Industry 4.0 transformation planning*, IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop, s. 184–191.

¹² F. Moreira, M. J. Ferreira, I. Secura (2018), *Enterprise 4.0 – the emerging digital transformed enterprise?*, „Procedia Computer Science”, no. 138, s. 525–532.

¹³ A. Łupicka (2018), *Key managerial competencies for Industry 4.0 – practitioners’, researchers’ and students’ opinions*, „Logistics”, no. 39(3), s. 39–45.

I.1. Rozwój systemów informatycznych

Do rozwoju systemów informatycznych potrzebne są mikroprocesory oferujące większe zasoby mocy obliczeniowej, pamięci i komunikacji. Rozwój technologii pozwala na produkcję układów scalonych o skali wafla półprzewodnikowego. Superprocesor posiada półtora biliona tranzystorów ($1,5 \times 10^{12}$), pół miliona rdzeni procesorowych, 20 GB pamięci SRAM (*Static Random Access Memory*) i zużywa 20 kW mocy¹⁴. Sumaryczna przepływność połączeń międzyprocesorowych w superprocesorze wynosi 1 Zettabit, 1021 bitów na sekundę (tryliard). Chipy waflowe o znacznych zasobach skracają czas treningu sztucznych sieci neuronowych ANN (*Artificial Neural Networks*) o kilka rzędów wielkości. Superprocesory pracują w kilku ośrodkach na świecie, m.in. w Argonne koło Chicago. ANN, będące podstawą sztucznej inteligencji, wymagają znacznych zasobów obliczeniowych i czasu do treningu. System AI samochodu autonomicznego musi rozpoznawać w czasie rzeczywistym obiekty napotymane na drodze. System AI w biznesie musi rozpoznawać sytuacje gospodarcze. ANN samochodu musi być nauczona w centrum danych rozpoznawania obiektów. Proces uczenia jest czasochłonny i osiąga pewien poziom dokładności. Rozpoznawanie nigdy nie będzie jednak idealne.

Głębokie uczenie nie kończy się na zdobyciu wiedzy¹⁵. Wykorzystanie wiedzy nie jest możliwe bez wnioskowania, czyli porównywania zdobytej wiedzy z napotkaną sytuacją i podejmowania decyzji. System samochodu autonomicznego i system informatyczny w przedsiębiorstwie bazują na lokalnym wnioskowaniu ANN nauczonych w cyfrowej szkole AI. Zasobów obliczeniowych szkoły nie da się implementować ani w samochodzie, ani we wszystkich przedsiębiorstwach. Szkoła AI to duża farma komputerów. Uczeń po wyjściu z niej musi być samodzielny, zwinny i odpowiedzialny. Powierzamy mu bowiem bardzo wiele, jak chociażby bezpieczeństwo w samochodzie, w biznesie, własne finanse i pozycję rynkową. Takich uczniów, nieustannie kształconych, będziemy implementować tysiące¹⁶, miliony, we wszystkich sektorach infrastruktury cywilizacyjnej i działań społeczeństwa, także w sferach rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości, w tym szczególnie w biznesie.

Rozwój technologii prowadzi do zwiększenia zasobów pamięci oraz możliwości obliczeniowych obejmujących sprawność i szybkość zbierania, transmisji, koncentracji, przetwarzania i przechowywania danych. Największe procesory stanowią podłoże sprzętowe dla systemów obliczeniowych o wysokiej wydajności HPC (*High-Performance Computing*). W 2010 r. najszybszy superkomputer działał z prędkością obliczeniową 1 petaflop. W 2020 r. zapowiadano pokonanie bariery tysiącrotnie wyższej – 1 exaflop (10¹⁸), niezbędnej do wykonywania szybkich obliczeń w domenie AI. Chodzi o praktyczną szybkość działania systemu komputerowego na rzeczywistych

¹⁴ I. Foster (2020), *High Performance Computing*, Argonne National Laboratory.

¹⁵ S. Russell, P. Norvig (2010), *Artificial Intelligence*, Prentice Hall.

¹⁶ M. Morales (2019), *Deep Learning*, Manning Publications.

danych z rzeczywistym oprogramowaniem, a nie jedynie testy teoretyczne. Badania prowadzone przez USA, Chiny, Japonię i Unię Europejską kosztują dziesiątki miliardów złotych w każdym z tych ośrodków. Estymacje zapotrzebowania na energię dla pojedynczego exaflopowego centrum obliczeniowego, prowadzone w tych ośrodkach, podają liczby powyżej 50 MW. Roczny koszt energii elektrycznej takiego centrum danych to ponad 200 mln zł. To zatem praca technologiczna tylko dla najbogatszych.

Podanie liczb dotyczących HPC uświadamia, jak daleko jesteśmy od ekonomicznej realizacji systemów AI o wielkiej skali integracji. Exaflopowe systemy informatyczne są potrzebne do przewidywania pogody, zapobiegania katastrofom, badań kosmicznych, badania globalnych trendów ekonomicznych, szacowania ochrony zdrowia w skali globalnej, ale niestety ich koszt jest bardzo wysoki. Przełom może nastąpić wraz ze zmianą technologii na obliczenia kwantowe i działania na qbitach (bit kwantowy) zamiast na bitach. Bez takich systemów uczyliśmy układy AI miesiącami i latami, tak długo jak prawdziwych ludzi w świecie rzeczywistym¹⁷. W świecie ICT dzisiejszego biznesu i rozszerzonej rzeczywistości jest to nie do zaakceptowania, nie tylko ze względu na koszty, ale i tempo zachodzących przemian. W przyszłości chodzi o masową produkcję, nie tylko urządzeń i pojedynczych rozwiązań, ale i całych sektorów świata AI.

Dzisiaj, w świecie cyfrowym trzy, cztery czy pięć rzędów wielkości wolniejszym, ale za to dostępnym komercyjnie dla szerokiego grona przedsiębiorców¹⁸, powiększone zasoby techniczne stają się, mimo to, podstawą do dynamicznego rozwoju nowych obszarów informatyki, technik informacyjnych i systemów informatycznych oraz Przemysłu 4.0. Tempo ekspansji technologii zapewnia, że powiększone zasoby będą wystarczające do rozwoju nowych dziedzin nauk ścisłych i techniki na styku z naukami humanistycznymi, społecznymi, a także biologicznymi i medycznymi. Beneficjentem rozwoju systemów informatycznych jest gospodarka i vice versa, oraz przedsiębiorstwo w globalizującej i standaryzującej się architektonicznie Przestrzeni 4.0.

1.2. Generowanie i przetwarzanie danych

Nauka o danych¹⁹ jest złożonym połączeniem inżynierii sprzętowej, informatyki, elektroniki, telekomunikacji, matematyki, fizyki i innych dziedzin. Dane są pojęciem bardzo złożonym. Dlaczego zbieramy dane? Aby ekstrakować z nich wartość, czyli wynikające z nich informacje i wiedzę. Jakie dane mogą zawierać w sobie wartość? Prawie wszystkie. Jakie, kiedy i ile danych zbierać? Czyżby na pewno wszystkie, zawsze i jak najwięcej? Które dane są bardziej wartościowe? Jak określić tę wartość? Jak określić jakość danych? Czy zupełnie odmienne dane mogą być skorelowane?

¹⁷ J. Patterson, A. Gibson (2017), *Deep Learning. A practitioner's approach*, O'Reilly Media, Inc., USA.

¹⁸ V. Srinivasan (2016), *The Intelligent Enterprise in the era of Big Data*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken-New Jersey.

¹⁹ Y. Cui, S. Kara, K. Chan (2020), *Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review*, „Robotics and Computer Integrated Manufacturing”, vol. 62.

Czy w korelacji danych także może tkwić wartość? Jakie rodzaje korelacji występują w danych? Czy fuzja danych zwiększa ilość informacji i poprawia ich jakość? Jak wielkość zbioru danych przekłada się na ilość informacji? Na te pytania próbuje odpowiedzieć właśnie nauka o danych²⁰.

Dane to wielka wartość²¹. Z transformacją w kierunku Przemysłu 4.0 wiążą się różnego rodzaju zbiory danych, małe i duże, a także bardzo duże, tzw. Big Data. Wartość tych surowych zbiorów danych nie jest oczywista i zależy od wielu czynników będących składnikami procesu transformacji. Przedsiębiorstwa już od dłuższego czasu generują w czasie rzeczywistym duże ilości danych dotyczących pojedynczych operacji, łańcuchów operacji, produkcji, jakości, usług, łańcuchów dostaw, finansów, marketingu czy kadr. Wiele z tych różnorodnych danych jest marnowanych z powodu braku platform, które mogłyby je wykorzystać i wyciągnąć z nich informacje w celu poprawy jakości i efektywności działania przedsiębiorstwa.

Punktem krytycznym nie jest jednak samo generowanie i gromadzenie danych, ale wydobywanie z nich wartości²². Generowanie i gromadzenie danych jest w większości problemem technicznym. Przetwarzanie danych i wydobywanie wiedzy z danych, oprócz obecności nieuniknionej warstwy technicznej do przeprowadzenia tych procesów, jest przede wszystkim problemem algorytmicznym, obliczeniowym i intelektualnym²³. Struktury danych i ich powiązania mogą być tak skomplikowane, że nie poddają się procedurom algorytmicznym. Konieczne są rozwiązania heurystyczne i kognitywistyczne, analizy stochastyczne i inne.

Wartościowe dane są generowane wszędzie, w biznesie, w wielu miejscach produkcji, usług i managementu. Argumentami procesu poboru danych są chociażby: wybór rodzaju, miejsca, czasu, metody odczytu, częstotliwość poboru, dokładność pomiaru monitorowanych wielkości, metody standaryzacji, koszt generacji i poboru. Niektóre z tych argumentów są funkcjami. Czas i miejsce generowania i poboru danych mogą podlegać procedurom optymalizacji. Fuzja danych może być wykonywana online lub offline w zależności od spełnianej przez ten proces funkcji i od architektury nałożonej na system gospodarczy warstwy informatycznej.

Dane o różnej strukturze są pobierane przez cały cykl produkcyjny wyrobu z wielu źródeł, czujników, przetworników i baz danych. Pobierane dane w przedsiębiorstwie produkcyjnym obejmują: jakość materiałów wejściowych, dane projektowe urządzeń produkcyjnych i wyrobów, specyfikacje graniczne dotyczące jakości i bezpieczeństwa,

²⁰ D. Cielen, A.D.B. Meysman, M. Ali (2016), *Introducing Data Science*, Manning.

²¹ M.I. Baig, L. Shuib, E. Yadegaridehkordi (2019), *Big data adoption: State of the art and research challenges*, „Information Processing and Management”, no. 56.

²² T. Nguen, L. Zhou, V.L. M. Spiegler et al., (2018), *Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review*, „Computers and Operations Research”, no. 98, s. 254–264.

²³ P. Tabesh, E. Mousavidin, S. Hasani, (2019), *Implementing big data strategies: A managerial perspective*, „Business Horizons”, no. 62, s. 347–358.

dane operacyjne urządzeń z systemów sterowania, zapisy operacji manualnych obsługi i nadzoru operatorskiego, działanie wykonawczych systemów produkcyjnych, ocenę bieżących kosztów produkcji i kosztów operacyjnych, monitoring systemów produkcyjnych, detekcję błędów produkcji, informacje logistyczne własne i zewnętrzne, sprzężenie zwrotne od klientów na temat użytkowania produktów, serwis produktów i wiele innych²⁴. Pobierane dane w przedsiębiorstwie usługowym mogą obejmować dokładne interakcje z klientami, rozkład przestrzenny i wykorzystanie urządzeń klienckich, stan urządzeń, zasilanie, alarmy techniczne, komentarze klientów itp.

Dane są zatem generowane powszechnie we wszystkich obszarach aktywności przedsiębiorstwa. Wielkości analogowe, takie jak parametry fizyczne, chemiczne, obrazy, parametry procesów środowiskowych i przemysłowych, dotyczące zdrowia człowieka, stanu infrastruktury przedsiębiorstwa, bezpieczeństwa są digitalizowane, strukturyzowane, katalogowane i gromadzone. Strukturyzacja danych z różnych źródeł wymaga innych algorytmów. I tak sygnały z czujników są w naturalny sposób strukturyzowalne, gdyż składają się z wielkości mierzonej w postaci cyfrowej i stempla ze źródła czasowego, lokalizacyjnego i określającego rodzaj wielkości, ewentualnie miejsce przeznaczenia²⁵.

Zapisy operacji manualnych wymagają bardziej złożonej strukturyzacji zachowującej i standaryzującej informację o celu działania, miejscu, czasie, rezultatach bezpośrednich i pośrednich tego działania. Dane obrazowe i wideo, multimedialne oraz złożone dane kompozytowe wymagają jeszcze innej i bardziej złożonej strukturyzacji. Mogą one bowiem dotyczyć stanu realizowanej usługi czy samego procesu produkcyjnego wyrobu wykonywanego np. metodami przyrostowymi, kontroli parametrów i jakości produkcji, ale także bezpieczeństwa i ogólnego nadzoru zautomatyzowanych obszarów produkcyjnych. W niektórych przypadkach do strukturyzacji pobieranych ze źródeł danych wymagane są znaczne zasoby obliczeniowe.

Generacja, pobór, cyfryzacja i wstępna strukturyzacja danych to początek cyklu przetwarzania danych²⁶. Cykl ten obejmuje dalej multipleksowanie, agregację, transmisję, przetwarzanie online lub offline, wykorzystanie informacji online, przechowywanie doraźne, ekstrakcję informacji, czyli natychmiastowych wartości bezpośrednich, archiwizację, i to, co jest najwartościowsze: tworzenie offline wiedzy, czyli uniwersalnych wartości trwałych²⁷.

²⁴ M. Khan, X. Wu, X. Wu et al. (2017), *Big data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0*, IEEE ISS SAC Symposium Big Data Networking Track.

²⁵ F. Azzola (2018), *Introduction to IoT sensors*, DZone.

²⁶ J. Liu, T. Li, P. Xe et al. (2020), *Urban big data fusion based on deep learning: An overview*, „Information Fusion”, no. 53, s. 123–133.

²⁷ A. Hadioui, N. El Faddouli (2017), *Machine learning based on big data: Extraction of massive educational knowledge*, „International Journal of Emerging Technologies in Learning”, no. 12(11), s. 151–167.