

BIG DATA JAKO ŹRÓDŁO INNOWACJI W ZARZĄDZANIU I INŻYNIERII PRODUKCJI

Jędrzej WIECZORKOWSKI, Magdalena JURCZYK-BUNKOWSKA

Streszczenie: Artykuł przedstawia zarys koncepcji big data jako źródła innowacji. Wykorzystując przegląd literatury oraz analizę działalności wybranych przedsiębiorstw produkcyjnych i z sektora technologii informacyjno-komunikacyjnych wskazano obszary największego potencjału innowacyjności wynikającej z metod big data. Skupiono się na innowacjach w obszarach zarządzania i inżynierii produkcji. Wskazano kierunki nowych modeli biznesowych pojawiających się dzięki dostępowi do coraz większych wolumenów danych. Odnosząc się do koncepcji Przemysłu 4.0 opisano możliwe zastosowania koncepcji big data w systemach produkcyjnych.

Słowa kluczowe: big data, źródła innowacji, zarządzanie, inżynieria produkcji, Przemysł 4.0, systemy cyberfizyczne.

1. Wprowadzenie

Współczesną gospodarkę kształtują w dużym stopniu nowe technologie komunikacyjne. Różnego rodzaju aplikacje komputerowe oraz urządzenia mobilne zmieniły diametralnie możliwości funkcjonowania przedsiębiorstw oferując ogromny potencjał. Postępująca cyfryzacja jest niezbędna dla ciągłego wzrostu elastyczności produkcji, koniecznej dla jej personalizacji. Pociąga to za sobą lawinowy wzrost ilości danych w procesie produkcyjnym i procesie zarządzania oraz potrzebę szukania efektywnych algorytmów pozwalających je przetwarzać. Zastosowanie nowych technologii wymaga jednak generowania w przedsiębiorstwie wiedzy i zmian o charakterze innowacyjnym dotyczących produktów, procesów i organizacji. W tym kontekście coraz istotniejsze staje się zarządzanie innowacjami, które stanowią drogę do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej w skali mikro i tym samym utrzymania wzrostu gospodarczego w skali makro [1].

Innowacyjność jest złożonym i trudnym procesem, który krótko można zdefiniować jako tworzenie wartości z nowych idei [2]. Natomiast źródłem innowacji określa się w literaturze czynniki wywołujące innowacje, będące bodźcem stanowiącym inspirację do ich powstania. Definicja określa źródłami innowacji zarówno impulsy, przyczyny, jak i miejsca (instytucje, grupy osób) tworzenia nowej wiedzy technicznej oraz czynniki warunkujące ten proces [3]. Wskazując na źródła innowacji P. Drucker wymienia cztery wewnętrzne i trzy kolejne zewnętrzne: [4]

1. nieoczekiwane zdarzenie – nieoczekiwane powodzenie, niepowodzenie lub zdarzenie zewnętrzne,
2. niezgodność między rzeczywistością i wyobrażeniem o niej,
3. innowacja wynikająca z potrzeby procesu,
4. zmiany w strukturze przemysłu lub strukturze rynku,
5. demografia (zmiany w populacji),
6. zmiany w postrzeganiu, nastrojach, wartościach,
7. nowa wiedza w dziedzinie nauk ścisłych i innych.

W związku z postępującą cyfryzacją przedsiębiorstwa dysponują coraz większą ilością dostępnych danych i coraz większym ukrytym w nich potencjałem. Analiza dużych zbiorów danych i wyciąganie na jej podstawie wniosków, określane jest jako big data. Są one źródłem innowacji sklasyfikowanych przez P. Druckera, jako zmiany w postrzeganiu rzeczywistości. Mimo, że dane są zbierane ze względu na różne potrzeby, to w szczególności ich wtórna analiza powinna prowadzić do określenia nowych dróg podnoszenia konkurencyjności.

Celem artykułu jest wskazanie obszarów największego zdaniem autorów potencjału innowacyjności wynikającej z analizy big data. Są to innowacje modeli biznesowych i systemów produkcyjnych. Zaprezentowane wnioski są efektem przeprowadzonych przez autorów badań literaturowych oraz analizy rynku w zakresie powiązań pomiędzy koncepcją big data a innowacyjnością.

2. Charakterystyka koncepcji big data

Koncepcja big data jest jedną z najgłośniejszych idei w obszarze technologii informatycznych w ostatnich latach. Na chwilę obecną trudno o jej jednoznaczną definicję, choć można w literaturze odnaleźć przeglądy definicyjne, np. [5], [6]. Na tej podstawie należy uznać, że koncepcja big data dotyczy przede wszystkim gromadzenia i przetwarzania dużych, wcześniej niewykorzystywanych na tę skalę, wolumenów danych, które wymuszają stosowanie nowych rozwiązań technologicznych. Obok cechy dużego wolumenu charakterystyczne dla big data są inne cechy opisywane zazwyczaj poprzez tzw. model kilku „V”- pierwotnie pochodzący z modelu „3V” opracowanego przez META Group na potrzeby raportu charakteryzującego ówczesny rozwój technologii informatycznych w kontekście takich trendów w gospodarce jak e-commerce i globalizacja [7]. Obok dużego wolumenu danych (*volume*), wskazano tam na dwie inne istotne charakterystyki: zmienność (*velocity*) oraz różnorodność (*variety*) przetwarzanych danych. Model 3V stał się następnie podstawą do wyjaśnienia koncepcji big data. Takie podejście przykładowo reprezentuje The Data Warehousing Institute (TDWI) [8]. Z kolei Gartner Group wzbogaca model 3V, rozumiejąc big data jako zasoby informacyjne dużych rozmiarów, szybko zmieniające się i/lub charakteryzujące się dużą różnorodnością, które wymagają efektywnych kosztowo i innowacyjnych form przetwarzania, umożliwiając poprawę wglądu w dane, podejmowanie decyzji i automatyzację procesów [9].

Tak więc zgodnie z powyższym podejściem można uznać, że obok dużego wolumenu konieczne jest spełnienie co najmniej jednej z dwóch pozostałych cech 3V: zmienności lub różnorodności danych. Zmienność rozumie się przede wszystkim jako przetwarzanie dynamicznych danych generowanych w bardzo krótkich odstępach czasu, takich jak dane sensoryczne i strumieniowe. Ich analiza następuje zazwyczaj bardzo szybko, w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Różnorodność łączy się z przetwarzaniem danych nieustrukturyzowanych lub słabo ustrukturyzowanych, takich jak obrazy, materiały wideo, dźwięk i inne dane nie w pełni nadające się do przechowywania w klasycznych bazach relacyjnych. Model kilku „V” często uzupełnia się o inne typowe dla big data cechy, takie jak: uzyskaną wartość (*value*), wiarygodność (*veracity*) i wizualizację (*visualization*) danych, a niekiedy i jeszcze inne.

Jednocześnie zdaniem autorów współczesne rozumienie pojęcia big data istotnie wykracza poza samo wyjaśnienie cech danych i metod ich przetwarzania, a nawet poza technologie informatyczne. Szersze spojrzenie na to zagadnienie wymaga włączenia elementów m.in. ekonomii, socjologii i prawa. Big data można próbować analizować z

perspektywy trzech aspektów: technicznego, który obejmuje możliwości technologii i metod numerycznych; ekonomicznego (inaczej biznesowego), obejmującego możliwe zastosowania koncepcji; społecznego, dotyczącego konsekwencji przetwarzania danych masowych, w szczególności konsekwencji społecznych i prawnych [10]. W kontekście niniejszego artykułu bardzo ważny jest aspekt ekonomiczny dotyczący zastosowań big data w różnych obszarach, takich jak biznes, administracja i bezpieczeństwo publiczne oraz nauka.

Podstawą dla koncepcji big data, obok dostępności stosownych narzędzi IT, jest mnogość dostępnych danych, które mogą znaleźć potencjalne zastosowanie. Ich źródła są różnorodne, lecz należy wziąć pod uwagę fakt, że ostatnie lata to okres coraz szybszego przyrostu ilości danych w postaci cyfrowej. Często są to dane słabo ustrukturyzowane, o charakterze strumieniowym, czyli typowe dla zastosowań big data. Z jednej strony można mówić o danych, które są zbierane w konkretnym celu ich wykorzystania metodami big data. Z drugiej strony dane gromadzone są także w sposób pasywny, niejako przy okazji głównego celu ich wykorzystania. Często alternatywne możliwości ich późniejszego użycia nie są wówczas jeszcze znane, lecz niski koszt pozyskania i gromadzenia danych daje ekonomiczne uzasadnienie takiego postępowania, zakładając że w przyszłości dane znajdą zastosowanie. Zjawisko zbierania danych o wszystkim „na wszelki wypadek” określane jest niekiedy jako „danetyzacja” (*datafication*). Niedawno przydatność danych kończyła się z chwilą osiągnięcia celu, w którym były zbierane. Obecnie stare dane mogą być nadal surowcem dla biznesu (w tym produkcji), administracji publicznej i nauki.

Dzięki rozwojowi technologii informatycznych oraz społeczeństwa informacyjnego gwałtownie rośnie ilość danych cyfrowych. Przykładowo wynika to z rozwoju koncepcji internetu rzeczy (IoT - *Internet of Things*), wykorzystywania różnego typu czujników, sterowników i urządzeń rejestrujących, a także gromadzenia różnorodnych danych o prywatnych osobach, w tym rejestrowania aktywności użytkowników w Internecie, rejestrowania usług urządzeń mobilnych (w tym lokalizacji), coraz powszechniejszego monitoringu w miejscach publicznych, itd. W konsekwencji ilość teoretycznie dostępnych danych zwiększa się, pozostaje natomiast problem (technologiczny, biznesowy, prawny) uzyskania do nich faktycznego dostępu. Można uznać że nadchodzą czasy, w których narzędzia obróbki masowych danych stają się powszechnie dostępne, ale nie zawsze są dostępne same zbiory danych. Dane stają się więc coraz istotniejszą częścią aktywów organizacji, ich zasobem gospodarczym, a także podstawą nowych modeli biznesowych.

Wykorzystanie odpowiednio dużych wolumenów danych i właściwych mocy obliczeniowych pozwala na znacznie lepszą (niż w przypadku ograniczonej ilościowo próby) eksplorację danych poprzez badanie korelacji pomiędzy danymi. Możliwe jest poszukiwanie nieznanymi zależności zamiast stawiania z góry hipotez badawczych, które następnie należało potwierdzić za pomocą opracowanej próby reprezentatywnej. W konsekwencji badanie korelacji na całym zbiorze może częściowo zastąpić tradycyjne poszukiwanie przyczynowości - identyfikując zjawisko bez jego wyjaśnienia. Takie podejście może być w biznesie często w pełni wystarczające. Wielkość wolumenu oraz możliwość dostępu i przetworzenia danych w czasie zbliżonym do rzeczywistego może stać się wartością większą niż wysoka dokładność danych. Często nie ma ekonomicznego uzasadnienia poprawy jakości elementarnych danych ze względu na czas i koszty z tym związane. [11]

Powyższe charakterystyczne cechy koncepcji big data stawiają różnorodne przedsiębiorstwa przed wyzwaniem znalezienia właściwych zastosowań nowych metod w obszarze zarządzania i produkcji. Niejednokrotnie także dają szanse opracowania

innowacyjnych produktów bazujących na wcześniej niedostępnych w niezbędnej ilości danych, a także umożliwiają wdrożenie całkiem nowych modeli biznesowych.

3. Big data, jako źródło innowacji w zarządzaniu

Rozpatrując zjawisko big data jako źródło innowacyjności w zarządzaniu organizacjami należy wziąć pod uwagę wyodrębnienie różnych poziomów zarządzania. Z jednej strony można mówić o zarządzaniu strategicznym, w którym innowacje mogą prowadzić do nowych modeli biznesowych, z drugiej strony o zarządzaniu operacyjnym i taktycznym, w których innowacje dostarczają nowych rozwiązań zazwyczaj w konkretnym elemencie funkcjonowania organizacji, np. w obszarze procesów produkcyjnych.

Na potrzeby zarządzania złożonymi organizacjami praktycznie od zawsze niezbędne były różnorodne dane pochodzące z wielu źródeł i w miarę możliwości zintegrowane. Od kilkunastu lat typowym podejściem jest stosowanie rozwiązań BI (*business intelligence*) opartych na hurtowni danych lub na tematycznych składnicach (*data mart*), do których trafiają przetworzone dane z wielu systemów informatycznych. W procesie ETL (*Extraction, Transformation, Loading*) dane są integrowane, porządkowane według wymiarów odpowiadających potrzebom informacyjnym i agregowane do pożądanego poziomu. Proces ETL wykonywany jest zazwyczaj cyklicznie, np. raz na dobę, stąd dane w hurtowni nie są w pełni aktualne. W większości przypadków takie rozwiązanie w pełni wystarcza na potrzeby dla których hurtownie zostały zaprojektowane (głównie wspomaganie wyższego i średniego szczebla zarządzania oraz analityków).

Jednakże alternatywne podejście z wykorzystaniem rozwiązań typowych dla big data daje dostęp do danych w czasie rzeczywistym, ponadto ułatwia otrzymywanie danych w innych układach niż z góry przewidziane w strukturach hurtowni danych. W przypadku niektórych organizacji o potrzebie podejmowania decyzji w czasie zbliżonym do rzeczywistego taka innowacja w dostępie do informacji zarządczych może mieć istotne znaczenie. Różnice dotyczą jednak przede wszystkim zarządzania na poziomie operacyjnym w przedsiębiorstwach, które muszą na bieżąco analizować dane o dużej zmienności w czasie oraz śledzić ciągle zmiany różnorodnych parametrów, a nie tylko wykorzystywać otrzymywane z pewnym opóźnieniem informacje o poziomie tych parametrów. W szczególności sytuacja taka dotyka przedsiębiorstwa o bardzo dużej złożoności procesów i wysokiej personalizacji oferty - masowej kustomizacji produktów [12]. Można zaobserwować zachodzące dzięki szerszej dostępności nowych metod zjawisko stopniowej zmiany w podejmowaniu decyzji zarządczych z szerszym wykorzystaniem analiz i prognoz opierających się na korelacji zamiast decyzji opartych głównie na intuicji decydenta.

Na poziomie zarządzania strategicznego metody big data prowadzą do całkowicie nowych lub znacząco zmodyfikowanych modeli biznesowych związanych z innowacyjnym wykorzystaniem ogromu posiadanych danych. Są ku temu niezbędne takie elementy jak: dostępne dane, pomysł ich innowacyjnego zastosowania, kompetencje w zakresie analizy danych. Można wyróżnić cztery, w praktyce ze sobą łączone, podstawowe modele biznesowe, w których nowa wartość płynie z :

1. wykorzystania własnych danych,
2. sprzedaży lub udostępniania własnych danych,
3. wykorzystania cudzych danych,
4. sprzedaży swoich kompetencji w zakresie big data.

Wykorzystanie własnych danych może polegać na powtórnym użyciu danych

dotychczas wykorzystywanych w podstawowej działalności lub danych pokrewnych zbieranych w powiązaniu z nimi (tzw. danych resztkowych). Dane takie, często w układzie zagregowanym, mogą służyć do różnorodnych analiz na potrzeby wewnętrzne lub stać się podstawą do oferty nowych usług. Branże tradycyjnie operujące bardzo dużą ilością danych, takie jak telekomunikacje, bankowość, energetyka i handel detaliczny, działają przede wszystkim opierając się na własnych danych. Jednakże przykładowo przedsiębiorstwo produkujące urządzenia przemysłowe wyposażone w czujniki dostarczające mu danych o parametrach eksploatacyjnych może rozszerzyć usługę serwisowania tych urządzeń wykorzystując z jednej strony dane pierwotne (reakcja w czasie zbliżonym do rzeczywistego na wartości odczytów), z drugiej strony dane wtórne (analiza korelacji historycznych danych o parametrach eksploatacyjnych i awariach innych urządzeń).

Możliwe jest także oferowanie usług dość luźno związanych z pierwotną działalnością organizacji. Model biznesowy może uwzględniać oferowanie pewnych usług w zamian za pozyskiwanie danych do analiz poprzez budowanie własnej społeczności udostępniającej te dane. Tak przykładowo działają często firmy internetowe oferując nieodpłatne usługi w zamian za pozyskiwanie danych, w szczególności: osobowych i o aktywności użytkowników. Takie dane mogą być podstawą do spersonalizowanej reklamy. W przypadku gdy organizacja nie czuje się na siłach, aby wdrożyć system analizy pozyskiwanych danych, towarem przeznaczonym na sprzedaż mogą się stać same pozyskane surowe dane. Lecz nawet w tym przypadku niezbędne jest wdrożenie rozwiązań umożliwiających gromadzenie tych danych.

Modele biznesowe oparte na koncepcji big data mogą stosować także organizacje nieposiadające własnych danych, mające natomiast innowacyjne idee wykorzystania cudzych danych. Możliwe jest zakupienie danych lub nieodpłatne uzyskanie danych ogólnodostępnych (np. *open data*). Podstawą biznesu może być dające efekt synergii połączenie różnych zbiorów danych w celu zaoferowania nowej usługi.

Model biznesowy związany z big data wdrażają także nieposiadające własnych danych firmy specjalizujące się w metodach statystycznych i analizie danych. Oferują one sprzedaż swoich kompetencji dla posiadaczy lub użytkowników zbiorów danych, którzy mają idee innowacyjnych usług, lecz nie mają wystarczających umiejętności.

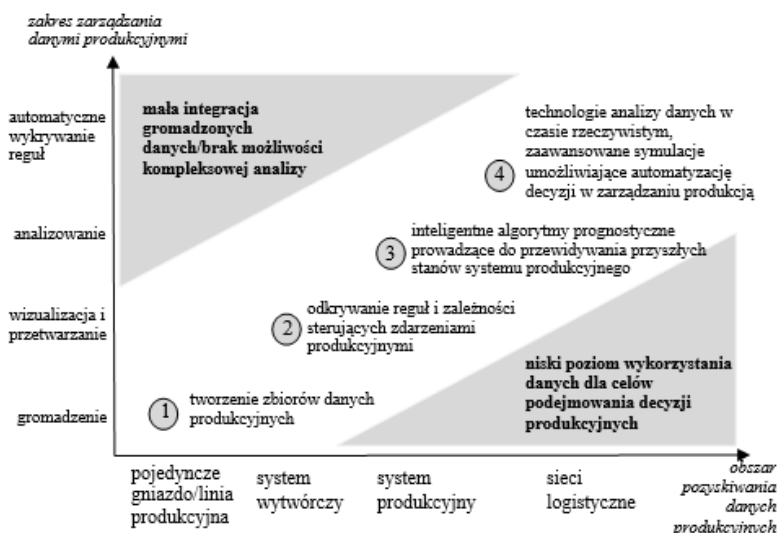
Powyższe przykłady wiążą się z innowacyjnością organizacyjną (np. wykorzystanie big data w procesach decyzyjnych), marketingową (np. nowe formy dotarcia do klientów z zastosowaniem analiz big data), a także produktową (np. sprzedaż nowych usług opartych na analizach big data). Metody big data wiążą się także z innowacyjnością procesową, w szczególności jednak ten związek widać w zastosowaniach koncepcji w inżynierii produkcji.

4. Big data, jako źródło innowacji w inżynierii produkcji

Pojęciem inżynierii produkcji obejmuje się zagadnienia ulegające w ostatnich latach znaczącym zmianom ze względu na rozwój technologii informatycznych. Są to planowanie, projektowanie, implementowanie i zarządzania systemami produkcyjnymi, systemami logistycznymi oraz zabezpieczania ich funkcjonowania [13]. Tradycyjne podejście do tych zagadnień bazuje na ludzkiej wiedzy i doświadczeniu. Jest ono jednak coraz mniej efektywne za sprawą rosnącej złożoności systemów produkcyjnych poprzez tworzenie różnego rodzaju powiązań, np. kooperacji, łańcuchów logistycznych, organizacji wirtualnych, itp.

4.1. Big data w systemach produkcyjnych

Oprócz tradycyjnej tekstowej formy dane produkcyjne są gromadzone przede wszystkim za sprawą systemów informatycznych klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*), APS (*Advanced Planning and Scheduling*), MES (*Manufacturing Execution System*), LMS (*Laboratory Management System*), SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), Shop Floor Data Collecting, WM (*Warehouse Management*), SCM (*Supply Chain Management*), itp. Dodatkowo na halach produkcyjnych instalowane są różnego rodzaju systemy monitoringu zapewniające dostęp do danych w postaci graficznej takie jak zdjęcia, czy nagrania wideo. Coraz powszechniejsze staje się również łączenie systemów IT z zasobami wytwórczymi. Zatem można stwierdzić, że współczesne systemy wytwórcze masowo generują nieustrukturyzowane dane. To wszystko sprawia, że zarządzający systemami produkcyjnymi dysponują dużą ilością danych zbieranych w sposób ciągły. Mogą zatem w większym stopniu niż dotychczas opierać swoje decyzje na faktach pochodzących z analizy dużych zbiorów danych. Chcąc wykorzystać je w procesach decyzyjnych trzeba znaleźć narzędzia wspomagające ich przechowywanie, przetwarzanie oraz analizę. Dlatego tworzone są różnorodne koncepcje modeli danych i aplikacji pozwalających badać dane z systemów produkcyjnych pod różnym kątem [14].



Rys. 1. Model rozwoju systemów wykorzystujących big data w inżynierii produkcji
źródło: opracowanie własne

Wykorzystanie big data w produkcji przemysłowej zmierza w kierunku tworzenia predykcyjnych systemów dla wdrożenia w pełni elastycznej produkcji. Celem jest dostosowanie systemu produkcyjnego do reagowania w czasie zbliżonym do rzeczywistego na potrzeby klientów. W celu osiągnięcia takiego efektu należy rozszerzać zakres zbierania danych z systemu produkcyjnego oraz pracować nad algorytmami ich przetwarzania. Na rys. 1 zaproponowano model rozwoju wykorzystania koncepcji big data w działalności przedsiębiorstwa. Wskazuje on na cztery etapy, z których każdy charakteryzuje się innym potencjałem analizy na potrzeby zarządzania systemami produkcyjnymi. Poziomy te również dotyczą możliwości inspirowania nowatorskich rozwiązań oraz zarządzania

procesami ich wdrożenia. Każdy kolejny etap daje coraz większą możliwość poprzez pełniejszą analizę big data, ale również poprzez integrację danych pozwalającą na inspirowanie innowacji kompleksowych, czyli bardziej spektakularnych.

4.2. Stymulowanie innowacji w systemach produkcyjnych poprzez analizę big data

Zagadnienia związane z gromadzeniem i wykorzystywaniem koncepcji big data w rzeczywistości produkcyjnej jest stosunkowo nowym obszarem w inżynierii produkcji. Jak wskazują badania [15] najczęściej rozważane jest wykorzystanie analiz big data w planowaniu produkcji i organizacji procesów. Ciągłe są to jednak w dużej mierze badania teoretyczne, choć wskazujące na pewne trendy, np. wnioskowanie na podstawie metod big data dla rozwoju innowacyjności w systemach produkcyjnych. Poniżej wskazano obszary innowacyjności, w których wykorzystanie koncepcji big data zdaniem autorów jest kluczem do sukcesu innowacji.

1. Tworzenie produktów przechowujących określone informacje lub też przekazujące dane dotyczące swojego aktualnego stanu.
2. Wdrożenie na szeroką skalę technologii wytwarzania addytywnego (*rapid prototyping, rapid tooling*).
3. Zmiany w inżynierii materiałowej wdrażanie nanomateriałów, materiałów inteligentnych, itp.
4. Redukcja strat dostępności zasobów, np. poprzez wprowadzenie automatycznie konfigurujących się urządzeń, automatyczne wykrywanie obszarów, w których mogą pojawić się zakłócenia, wykrywanie nieprawidłowości prowadzących do usterek.
5. Ograniczenie strat związanych z manipulacją materiałami i produkcją w toku, np. poprzez wprowadzenie inteligentnych systemów składowania.
6. Uszczelnienie systemu kontroli jakości, np. poprzez systemy wizualne.
7. Poprawa interakcji człowiek-maszyna, np. praca zespołów człowiek-robot za sprawą wdrożenia kobotów (*cobots*) w małych i średnich przedsiębiorstwach.
8. Zwiększenie mobilności pracowników produkcyjnych i inżynierijno-technicznych. Systemy szkolenia pracowników, zapotrzebowanie na nowe kompetencje w odniesieniu do kadry inżynierijno-technicznej.
9. Zwiększenie udziału klienta w kreowaniu nowego produktu poprzez diametralną zmianę zasad organizacji tego procesu.
10. Zaawansowane sposoby monitorowania zapasów w łańcuchu logistycznym.
11. Zwiększenie elastyczności poprzez wdrożenie różnego rodzaju produkcji modułowej i sprzedaż produktów w postaci cyfrowej.
12. Efektywne tworzenie sieci obejmujących zasoby wytwórcze, czy też systemy magazynowe lub transportowe różnych przedsiębiorstw.
13. Optymalizacja utrzymania ruchu m.in. przez określanie priorytetów przeglądów konserwacyjnych.
14. Innowacje w zakresie współpracy z partnerami logistycznymi, tworzenie inteligentnych sieci dostaw.

5. Big data, jako element koncepcji Przemysłu 4.0 kreującej innowacje w systemach produkcyjnych

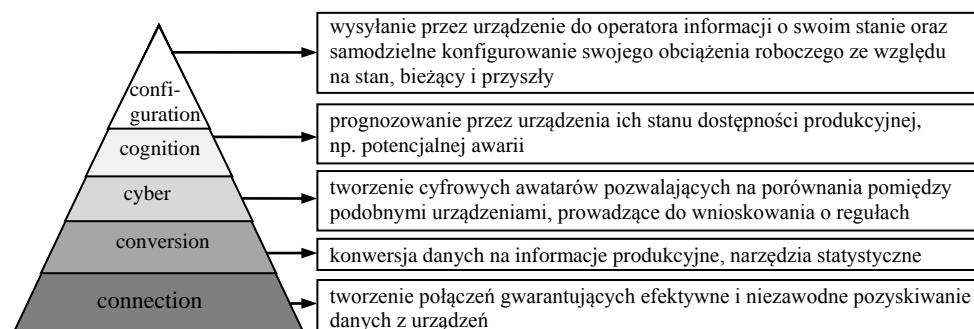
Systemy produkcyjne są obecnie u progu rewolucyjnych zmian określanych nazwą

Przemysł 4.0. Pojęcie to zostało po raz pierwszy użyte przez Kanclerz Angelę Merkel na targach Hannover Messe w 2011 roku. Uznaje się, że szeroko rozumiana cyfryzacja przyniesie tak znaczącą zmianę dla przemysłu, jak mechanizacja, wprowadzenie produkcji masowej, czy postępująca od lat 70-tych dwudziestego wieku automatyzacja [16]. Kompleks zmian, określanych jako rewolucja przemysłu 4.0, ma zapewnić możliwość szybkiego rozwoju produktu i elastycznej produkcji w bardzo złożonym otoczeniu przedsiębiorstwa [17].

5.1. Systemy cyberfizyczne, jako źródło danych do analiz big data

Rdzeniem zmian w przemyśle jest wdrożenie systemów wirtualno-fizycznych, określane jako cyberfizyczne (CPS - *Cyber Physical Systems*), które tworzą i wykorzystują dane masowe. Są one kolejną generacją inteligentnych systemów wytwórczych stanowiąc adaptacyjne układy, na które składają się m.in.: maszyny, urządzenia z wbudowanymi mikroprocesorami, systemy informatyczne i monitoringu, sterowniki PLC, kontrolery i czujniki. Są to zatem współpracujące ze sobą elementy obliczeniowe kontrolujące zasoby fizyczne głównie za pomocą sprzężeń zwrotnych z różnego rodzaju czujników i sterowników.

Model systemów CPS, określany jako "5C" (rys.2) koncentruje się na udostępnianiu przez maszyny i urządzenia danych i informacji służących rozwijaniu wiedzy. Pokazuje on kolejne poziomy jego wdrażania, rozpoczynając od (1) połączenia (*connection*), (2) przekształcenia (*conversion*), (3) wirtualności (*cyber*), (4) poznawania (*cognition*), aż po (5) konfigurowanie (*configuration*) [18].



Rys. 2. Model 5C systemów cyberfizycznych skoncentrowany na wartości płynącej z pozyskiwanych danych
źródło: [por. 19]

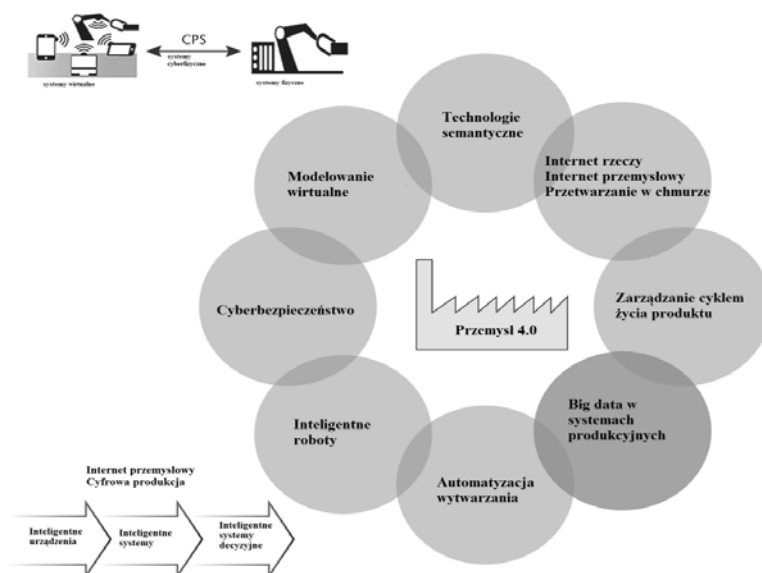
Bezpośrednim efektem wdrożenia systemów cyberfizycznych będzie fakt, że maszyny na podstawie swoich danych historycznych, jak również opierając się na danych dotyczących podobnych urządzeń, będą umiały diagnozować i prognozować, co pozwoli im na przewidywanie swoich awarii, jak również samoopptymalizację. Jednak w dłuższej perspektywie zadaniem CPS jest poprawa produktywności oraz ograniczenie wpływu na środowisko poprzez podniesienie poziomu innowacyjności [20]. Z punktu widzenia tego artykułu systemy cyberfizyczne dostarczają dane do analiz typu big data, które wspierają realizację procesów innowacji. Należy jednak wskazać na problem sposobu wizualizacji tych danych. Dotychczasowe narzędzia, takie jak np. wykresy, wydają się być

w tym przypadku niewystarczające.

5.2. Big data, jako element rewolucji Przemysłu 4.0

Ważnym zagadnieniem pojawiającym się w kontekście rewolucyjnych zmian w systemach produkcyjnych czwartej generacji jest Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT - *Industrial Internet of Things*). Pod tym pojęciem rozumie się rozwiązania umożliwiające zdalne zarządzanie maszynami, urządzeniami technicznymi, środkami transportu itp. Daje on możliwości globalnej działalności w odniesieniu do produkcji, serwisu, czy też zadań związanych z utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwie. Jest też elementem tworzenia danych do analiz typu big data. Nie sposób przy tej okazji nie wspomnieć o cyberbezpieczeństwie i konieczności wdrożenia innowacji pozwalających bezpiecznie korzystać ze zgromadzonych danych w chmurze.

Kolejnym istotnym źródłem danych dla big data w systemach zarządzania produkcją jest projektowanie w rozszerzonej (wirtualnej) rzeczywistości. Technologie te pozwalają modelować (odzworowywać) cyfrowo rzeczywiste obiekty i symulować warunki, w których mogą się one znaleźć zbierając w ten sposób informacje o nich.



Rys. 3. Miejsce big data w koncepcji przemysłu 4.0

źródło: [por. 21]

Jak pokazano na rys. 3, metody big data są podstawowym elementem koncepcji nazywanej Przemysłem 4.0. Zarządzanie danymi masowymi oraz podejmowanie decyzji zarządczych na ich podstawie to zagadnienia, z którymi będzie musiała się w niedługim czasie zmierzyć inżynieria produkcji. W niniejszym artykule proponuje się by wykorzystać nieuniknione wdrożenie koncepcji big data, jako drogowskaz innowacyjności w systemach produkcyjnych. Prowadzi to do prac nad modelami i metodami wykorzystania metod big data w planowaniu procesów innowacji w systemach produkcyjnych.

6. Podsumowanie i wnioski

Koncepcja big data, związana z gromadzeniem i przetwarzaniem bardzo dużych wolumenów danych, które często są słabo ustrukturyzowane i przetwarzane w czasie zbliżonym do rzeczywistego, niesie różnego rodzaju organizacjom duże możliwości i jednocześnie znaczące wyzwania. Wiąże się to m.in. z rosnącym zapotrzebowaniem na niestandardowe, zindywidualizowane produkty oraz z systematycznym skracaniem się cyklu życia produktu. Konieczność dostosowania się do gwałtownie postępujących zmian wymaga coraz szybszego wprowadzania produktów na rynek. Tworzone są coraz bardziej złożone struktury organizacyjne, które pozwalają podoląć temu wyzwaniu. Te fundamentalne zmiany wymagają zaawansowania w tworzeniu innowacji zarówno w zarządzaniu, jak i inżynierii produkcji. Możliwe i wskazane jest wprowadzenie istotnych innowacji w procesach zarządzania oraz komunikacji z klientami, opierając te procesy w większym stopniu na analizowanych na bieżąco szczegółowych danych masowych. Big data daje także możliwości opracowania nowych lub znaczącej modyfikacji dotychczasowych modeli biznesowych, w ramach których dostępne będzie wykorzystanie potencjału tkwiącego w posiadanych danych. W szczególności świadczone będą nowe usługi oparte na analizie danych masowych. Można więc uznać, że metody big data umożliwiają i jednocześnie wymuszają innowacyjność czterech podstawowych typów: produktową, procesową, organizacyjną i zarządczą. W konsekwencji wykorzystanie koncepcji big data w zarządzaniu i inżynierii produkcji potwierdza przypisywaną jej cechę znaczącej wartości (*value*) pochodzącą z modelu „V”.

Już teraz codziennością przedsiębiorstw jest ciągłe doskonalenie procesów produkcyjnych i produktów. Dzięki wprowadzonym zmianom systematycznie rośnie ilość dostępnych danych w przedsiębiorstwach. W niedalekiej przyszłości będą się one musiały nauczyć tak nimi zarządzać, aby wydobywać znaczącą dla innowacyjności wiedzę, pozwalającą utrzymać swoje zdolności konkurencyjne. Szczególnie w Europie oczekiwane są innowacyjne rozwiązania rekompensujące wyższe koszty robocizny niż w krajach rozwijających się, dlatego tak wiele starań i nadziei związanych jest z wdrożeniem koncepcji przemysłu 4.0. Systemy cyberfizyczne przyniosą niespotykany wzrost ilości danych z systemów produkcyjnych. Analiza takich danych w czasie rzeczywistym spowoduje nie tylko zwiększenie efektywności działań operacyjnych, ale również zupełnie nowe możliwości dynamicznego dostosowania się do potrzeb rynkowych, kształtując strategię przedsiębiorstwa. Sytuacja taka wymaga opracowania inteligentnych narzędzi analitycznych klasy big data umożliwiających efektywne wykorzystanie nowych, dostępnych w szerokiej skali danych.

Literatura

1. Hirsch-Kreinsen H., Jacobson D. (red.): *Innovation in Low-Tech Firms and Industries*. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.
2. Tidd J., Bessant J.: *Strategic Innovation Management*. Chichester. John Wiley, 2014.
3. Matusiak K.B. (red.): *Innowacje i transfer technologii. Słownik pojęć*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2005.
4. Drucker P.F.: *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1992.
5. Boyd D., Crawford K.: *Critical questions for big data in Information. Communication & Society*, 2012, vol. 15, issue 5, s. 662-679.

6. Tabakow M., Korczak J., Franczyk B.: Big data – definicje, wyzwania i technologie informatyczne. *Business Informatics*, 1 (31), 2014, s. 138-153.
7. Laney D.: *Application delivery strategies*. META Group, Stamford, 2001.
8. Russom P.: *Big Data Analytics*, TDWI best practices report. TDWI Renton, 2011.
9. <http://www.gartner.com/it-glossary/big-data/>
10. Wieczorkowski J., Polak P.: Big data: Three-aspect approach. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, vol. 2, issue 2, International Institute for Applied Knowledge Management, 2014, s. 182-196. dostępne na stronie: http://www.iiakm.org/ojakm/articles/2014/volume2_2/OJAKM_Volume2_2pp182-196.pdf
11. Mayer-Schonberger V., Cukier K.: *Big data – A revolution that will transform how we live, work, and think*. An Eamon Dolan Book Houghton Mifflin Harcourt, Boston, 2013.
12. Davenport T., Barth P., Bean R.: How 'Big Data' is different. *MIT Sloan Management Review*, vol.54, no.1, Massachusetts Institute of Technology, 2012.
13. Komitet Inżynierii Produkcji: *Istota inżynierii produkcji* Polska Akademia Nauk, Warszawa, czerwiec 2012.
14. Big Data Value Association, "European Big Data Value Strategic Research & Innovation Agenda," Version 1.0, January 2015. [Online]. dostępne na stronie: <http://www.bigdatavalue.eu/>
15. O'Donovan P., Leahy K., Bruton K., O'Sullivan D.: Big data in manufacturing: a systematic mapping study. *Journal of Big Data*, 2015, s. 2-20.
16. Brettel M., Friedrichsen N., Keller M., Rosenberg M.: How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape, An Industry 4.0 Perspective. *World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering* Vol. 8, No 1, Riverside, Connecticut, CT, USA, 2014.
17. Vyatkin V., Salcic Z., Roop P. S., Fitzgerald J.: Now That's Smart!. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, vol. 1, no. 4, 2007. s. 17–29.
18. Lee J., Bagheri B., Kao H-A.: A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf Lett*, 2015, no.3, s.18–23.
19. Kao H-A., Jin W., Siegel D., Lee J.: A Cyber Physical Interface for Automation Systems—Methodology and Examples. *Machines*, 2015; vol. 3/2, s. 93-106.
20. Fosso Wamba S., Akter S., Edwards A., Chopin G., Gnanzou D.: How 'big data' can make big impact. Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 2015, vol. 165, s. 234-246.
21. Posada J.: Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Mar.-Apr. 2015, vol. 35, s. 26-40.

Dr Jędrzej WIECZORKOWSKI
 Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej
 Kolegium Analiz Ekonomicznych
 Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
 02-513 Warszawa, Madalińskiego 6/8
 e-mail: jedrzej.wieczorkowski@sgh.waw.pl

Dr inż. Magdalena JURCZYK-BUNKOWSKA
 Instytut Innowacyjności Procesów i
 Produktów, Politechnika Opolska
 45-370 Opole, ul. Ozimska 75
 tel.: (0-77) 423 40 44
 e-mail: m.jurczyk-bunkowska@po.opole.pl