

Marzena Frankowska

Uniwersytet Szczeciński, Wydział Zarządzania i Ekonomiki Usług, Katedra Logistyki

Katarzyna Nowicka

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Nauk o Przedsiębiorstwie, Katedra Logistyki

Zarządzanie łańcuchem dostaw w dobie *Smart Industry*

Supply chain management in the era of Smart Industry

Współczesny rozwój technologii wspierany dostępem do Internetu stymuluje powstawanie koncepcji, tj. *Smart Industry* i *Smart Supply Chain*. Inteligentne fabryki wykorzystują robotyzację i automatyzację w celu poprawy konkurencyjności. Takie podejście staje się jednak niewystarczające i wymaga szerszego spojrzenia na potencjał, jakim jest połączenie idei *Smart Factory* z potencjałem, jaki wynika z zastosowania technologii w łańcuchach dostaw w przemyśle. Istotnym aspektem umożliwiającym czerpanie korzyści z takiego holistycznego ujęcia jest wykorzystanie Internetu Rzeczy (IoT) w zarządzaniu informacją przepływającą od konsumenta do producenta surowców. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na potrzebę holistycznego spojrzenia na problematykę cyfryzacji w zarządzaniu fabryką i przepływami w łańcuchach dostaw, aby osiągnąć maksymalizację korzyści całego systemu, jakim jest *Smart Industry*. Rozważania poprzedzono analizą ewolucji Internetu jako podstawy do możliwości zarządzania przepływami z wykorzystaniem IoT.

Słowa kluczowe:

Smart Industry, *Smart Supply Chain*, Internet Rzeczy.

The current development of technologies supported by Internet access stimulates the emergence of *Smart Industry* and *Smart Supply Chain* concepts. Intelligent factories use robotics and automation to improve competitiveness. This approach, however, is insufficient and requires a broader view of the potential of combining the *Smart Factory* concept with the potential resulting from the application of technology in industrial supply chains. An important aspect that makes it possible to benefit from such a holistic approach is the use of the Internet of Things (IoT) in the management of information flows from the consumer to the raw materials producers. The aim of the article is to draw attention to the need for a holistic view of the issues of digitization with the management of the factory and flows in the supply chains, in order to maximize the benefits of the entire system, which is *Smart Industry*. The considerations were preceded by an analysis of the evolution of the Internet as a basis for the ability to manage flows using IoT.

Key words:

Smart Industry, *Smart Supply Chain*, Internet of Things.

Wstęp

Turbulentność otoczenia, fluktuacje popytu, skracające się cykle życia produktów i dynamiczny przyrost danych gromadzonych w przedsiębiorstwach to tylko część efektów postępującej cyfryzacji. Od ponad dwóch dekad w coraz szybszym tempie otoczenie gospodarcze przechodzi swoistą transformację stając się środowiskiem inteligentnym (ang. *Smart Environment*). Można je określić jako świat fizyczny, który w sposób w zasadzie niezauważalny, nieustannie nasycony jest czujnikami, sensorami, rejestratorami, wyświetlaczami czy innymi urządzeniami stale identyfikującymi zachowanie (i tożsamość) obiektów i ludzi w przestrzeni fizycznej oraz wirtualnej. Wytwarzane, gromadzone i przetwarzane są ogromnie ilości

danych, które przekładane na adekwatne informacje są w stanie wesprzeć decyzje i stymulować działania zmierzające ku dalszej poprawie jakości życia.

Aktualnie, w literaturze przedmiotu, a także w praktyce gospodarczej, analizuje się różnorodne wymiary koncepcji tzw. czwartej rewolucji przemysłowej, która — jak się okazuje — coraz częściej wychodzi poza problematykę wykorzystania zaawansowanych technologii w procesach produkcyjnych. Inteligentny przemysł (ang. *Smart Industry*) stanowi wielowymiarową koncepcję wykraczającą nawet poza spektakularny postęp technologiczny. Przy czym nie jest ona ograniczona do problematyki robotyzacji i automatyzacji pojedynczego zakładu produkcyjnego, ale obejmuje integrację kluczowych funkcji przedsiębiorstwa (ang. *Core Functions*) z łańcuchami dostaw, w ramach których

następuje projektowanie, wytwarzanie i dostarczanie inteligentnych produktów do konsumentów. Idee *Smart Industry* tworzą więc cztery główne komponenty, tj. inteligentne fabryki (ang. *Smart Factory*) współpracujące w ramach inteligentnych łańcuchów dostaw (ang. *Smart Supply Chain*) w oparciu o inteligentne technologie (ang. *Smart Technologies*) w celu wytworzenia i dostarczenia inteligentnych produktów oraz usług (ang. *Smart Products*).

Punktem odniesienia do możliwości rozwoju inteligentnego przemysłu jest Internet. Jest on medium umożliwiającym przepływ informacji na różnych płaszczyznach i pomiędzy różnymi obiektami. Szczególną rolę w aspekcie dostępności do informacji o niespotykanej dotychczas skali stanowi Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things*, IoT). Pojęcie IoT zostało wprowadzone przez K. Ashтона w 1999 roku i odnosiło się do jednoznacznie identyfikowalnych, interoperacyjnych i połączonych obiektów z wykorzystaniem metek radiowych (ang. *Radio Frequency Identification*, RFID) w łańcuchu dostaw firmy Procter & Gamble (Ashton, 2009). Obecnie IoT daje o wiele większą możliwość łączenia obiektów i zarządzania zdarzeniami w czasie rzeczywistej realizacji przepływów w łańcuchach dostaw, łącząc wspomniane systemy produkcji, systemy transportu, zarządzanie zapasami czy systemy zarządzania wydajnością (Da Xu, He, Li, 2014). Ponadto dzięki IoT możliwe jest współdzielenie informacji pomiędzy partnerami biznesowymi i obiektami zaangażowanymi w dany łańcuch dostaw. Kumulacja korzyści wynikających z zastosowania takich rozwiązań odzwierciedlona jest właśnie w budowanych inteligentnych łańcuchach dostaw, które charakteryzują się wykorzystywaniem technologii (głównie cyfrowych); połączeniem obiektów (i zasobów); inteligencją (polegającą na możliwości podejmowania decyzji w ujęciu holistycznym i z uwzględnieniem współzależności w całym systemie); automatyzacją (ograniczającą działania niedodające wartości całemu systemowi); integracją i innowacyjnością.

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na potrzebę holistycznego spojrzenia na problematykę cyfryzacji w zarządzaniu fabryką i przepływami w łańcuchach dostaw, aby osiągać maksymalizację korzyści całego systemu, jakim jest *Smart Industry*. Rozwój zarządzania łańcuchami dostaw w dobie *Smart Industry* to rozwój wielowymiarowy, w którym szczególną rolę odgrywa IoT.

Ewolucja Internetu jako podstawa technologii warunkujących rozwój *Smart Industry* i *Smart Supply Chain*

Współczesny etap rozwoju technologii nie nastąpił od razu. Patrząc wstecz, jest to ewolucja, która z każ-

dym krokiem nabiera tempa. Już dziś określane są kamienie milowe w dalekiej perspektywie 2050 roku, do których będą dążyć zarówno sektor biznesu i nauki, jak i rządzący odpowiedzialni za rozwój gospodarczy (Information Systems for Interconnected Logistics. Research & Innovation Roadmap, 2015). Podstawą przemian określanymi jako czwarta rewolucja przemysłowa jest rozwój technologii, a w tym szczególnie Internetu.

Początki Internetu datuje się na późne lata 60., kiedy to doprowadzono do komunikacji pomiędzy dwoma komputerami za pomocą sieci komputerowej. Następnie na przełomie lat 70. i 80. opracowano stos protokołów TCP/IP (ang. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) dokonujących podziału całego zagadnienia komunikacji sieciowej na szereg współpracujących ze sobą warstw (Przybyłek, 2008), co zapoczątkowało komercyjne wykorzystywanie Internetu. W 1991 roku powstała ogólnosiwiatowa sieć internetowa World Wide Web (www), która spowodowała dużą popularność Internetu i jego szybki rozwój. Współcześnie stanowi ona komponent IoT. Podłączenie urządzeń mobilnych do Internetu spowodowało rozwinięcie się tak zwanego Internetu mobilnego, a wraz z rozwojem sieci społecznych użytkownicy stali się częścią sieci internetowej. Kolejnym etapem jest IoT, gdzie otaczające obiekty są w stanie skomunikować się ze sobą przez Internet (maszyna-maszyna; Perera, Zaslavsky, Christen, Georgakopoulos, 2014). Tabela 1 przedstawia najważniejsze etapy w ewolucji Internetu.

Obecnie następuje przejście z Internetu 2.0 (społecznościowego) do trzeciej fazy Internetu, określanego także mianem IoT, Internetu Wszechrzeczy (ang. *Internet of Everything*) lub Internetu Przemysłowego (ang. *Industrial Internet*).

Istota IoT nie jest jeszcze w pełni poznana. Podkreśla się nawet, że badania nad nim są obecnie w dość wczesnej fazie (Hmida, Braun, 2017). Niemniej jednak podejmowane są próby definiowania tego terminu akcentujące zarówno aspekty technologiczne, jak i semantyczne. IoT to sieć ludzi, procesów, danych, urządzeń, aplikacji i rzeczy podłączona do Internetu. Dzięki tym powiązaniom połączone ze sobą elementy materialne i społeczne tworzą sieć IoT, gromadząc oraz wymieniając ze sobą dane, a także wchodząc w interakcje (Lee, Lee, 2015). W dużym uproszczeniu można przyjąć, że IoT pozwala ludziom i rzeczom być połączonym w każdym czasie i każdym miejscu, najlepiej używając jakiegokolwiek sieci czy ścieżki dostępu oraz usługi (Internet of Things: Strategic Research Roadmap, 2009; rys. 1).

Ewolucja Internetu dotyczy nie tylko zdolności połączeń ludzi, rzeczy, miejsc itp. Wkroczenie w trzecią fazę rozwoju Internetu przenosi większość operacji i działań w sferę tak zwanego Internetu niewi-

Tabela 1
Ewolucja Internetu

Etap	Wyróżnik Internetu	Główne zastosowanie	Sposób funkcjonowania
Internet 1.0	Internet stacjonarny	Cele informacyjne, przekazywanie danych w oparciu o stałe łącza, a następnie rozwój w kierunku multimediiów	Internet widzialny — użytkownicy elektronicznie informują się lub komunikują się z innymi użytkownikami
Internet 2.0	Internet mobilny; Internet społecznościowy	Mobilny Internet, w tym multimedia; Internet społecznościowy	Dominuje Internet widzialny — użytkownicy elektronicznie informują się lub komunikują się z innymi użytkownikami. Niektóre samodzielne czynności przedmiotów są wywoływane przez użytkowników
Internet 3.0	Internet Rzeczy; Internet Wszechrzeczy; Internet Przemysłowy	Połączenie w sieci ludzi, procesów, danych, urządzeń, aplikacji i rzeczy	Dominuje Internet niewidzialny — użytkownicy funkcjonują w inteligentnym środowisku, w którym przedmioty komunikują się i decydują samodzielnie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Cellary, Rykowski, 2015; Lee, Lee, 2015; Perera, Zaslavsky, Christen i Georgakopoulos, 2014.

Rysunek 1
Koncepcja Internetu Rzeczy



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Internet of Things: Strategic Research Roadmap, 2009.

Tabela 2

Porównanie dostępu do usług dostarczanych przez widzialny i niewidzialny Internet

Widzialny Internet	Niewidzialny Internet
Świadomi użytkownicy Działalność intencyjna Silne prawa do identyfikacji i dostępu, rzadkie śledzenie i monitorowanie Usługi związane głównie ze światem cyfrowym Usługi płatne na żądanie, kilka modeli biznesowych	Nieświadomi użytkownicy Nieświadoma inicjacja działań Nieświadomość identyfikacji i śledzenia, stały monitoring Usługi związane głównie z rzeczywistym światem Usługi incydentalne mają być płacone w większości w trybie <i>pay-per-use</i>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Cellary, Rykowski, 2015.

dzialnego (ang. *Unseen Internet*), w którym wiele decyzji jest podejmowanych poza świadomością użytkowników (tab. 2). Pierwsze dwie fazy były widzialne dla ludzi, ponieważ miały za zadanie łączyć serwery z terminalami obsługiwanymi przez ludzi. Na tym etapie użytkownicy widzialnego Internetu elektronicznie informują się lub komunikują z innymi użytkownikami. Są świadomi tego, co robią i do nich należy decyzja, czy chcą korzystać z danego sprzętu, oprogramowania lub określonej usługi.

w przyszłości do monitorowania tego, czy urządzenia wykorzystywane w codziennym życiu działają sprawnie, zamiast używania i kontrolowania każdego z nich z osobna (Stopczyński, 2016). Niewidzialny Internet tylko pośrednio współpracuje z ludźmi, gdyż jego zadaniem jest przede wszystkim umożliwienie łączności pomiędzy czujnikami, sensorami i napędami umieszczonymi w produktach wykorzystywanych przez ludzi, dzięki czemu stają się one *smart* (inteligentne; tab. 3).

Tabela 3

Porównanie cech Internetu widzialnego i niewidzialnego

Widzialny Internet	Niewidzialny Internet
Łączy serwery z terminalami zorientowanymi na człowieka Jawnie obsługiwane przez ludzi Usługi bezpośrednio zamówione przez ludzi lub przynajmniej zaakceptowane przez nich Usługi płatne bezpośrednio (przelew bankowy, karty kredytowe) lub pośrednio (reklamy)	Łączy serwery z wbudowanymi czujnikami i siłownikami Ukryte przed ludźmi; wykorzystywane do tworzenia inteligentnych środowisk dla ludzi Usługi świadczone w tle nie mogą być kontrolowane bezpośrednio lub świadomie przez ludzi Usługi płatne bezpośrednio za pomocą kanałów płatności — w formie mikropłatności i pikopłatności poprzez zaszyfrowaną, rozproszoną platformę pamięci masowej (https://www.bitcoin.com/ ; Koalicja na Rzecz Obrotu Bezgotówkowego i Mikropłatności przy Związku Banków Polskich).
Zezwolenie na identyfikację, ograniczona potrzeba dostępu do anonimowości	Głównie przypadkowy dostęp anonimowy, ograniczone sposoby identyfikacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Cellary, Rykowski, 2015.

W niedalekiej przyszłości większość produktów używanych przez człowieka, urządzenia, maszyny, środki transportu oraz inne obiekty będą posiadały adres IP i będą one w sposób niezauważalny dla człowieka łączyć się z Internetem i wchodzić w interakcje z innymi produktami, ludźmi oraz innymi czynnikami z otoczenia. Staną się one częścią większego systemu pozwalającego na dużą autonomię funkcjonowania produktów. Zgodnie z założeniami rozwoju Internetu (Internet of Things: Strategic Research Roadmap, 2009) rola człowieka ograniczy się

Istota i zakres *Smart Industry*

Kierunek rozwoju, którym podąża światowy przemysł, określany jest mianem inteligentnego przemysłu (ang. *Smart Industry*), przy czym należy zaznaczyć, że w literaturze przedmiotu nie jest to termin ściśle zdefiniowany. Za fundament tej koncepcji można przyjąć strategię Industrie 4.0 opracowaną na zlecenie rządu niemieckiego, we współpracy z ośrodkami naukowymi i przedstawicielami przemysłu. Kie-

dy po raz pierwszy, na targach w Hanowerze w 2011 roku został ogłoszony projekt pod nazwą Industrie 4.0 dotyczący digitalizacji niemieckiego przemysłu, jego twórcy prawdopodobnie nie spodziewali się, że stanie się on tak szeroko rozpowszechnioną koncepcją. Zwrócono w nim uwagę, że po erze pary, mechanizacji, produkcji masowej oraz automatyzacji nadeszła czwarta rewolucja przemysłowa, w ramach której świat fizyczny przenika się ze światem wirtualnym poprzez tzw. systemy cyberfizyczne (ang. *Cyber-Physical System*, CPS).

Obecne rozumienie pojęcia Przemysł 4.0, będącego synonimem inteligentnego przemysłu, jest dużo bardziej kompleksowe niż pierwotnie. Zestawienie wybranych definicji prezentuje tabela 4.

Analiza przedstawionych definicji pozwala założyć, że inteligentny przemysł stanowi wielowymiarową koncepcję wykraczającą nawet poza spektakularny postęp technologiczny. Co istotne, nie jest ona ograniczona wyłącznie do robotyzacji i automatyzacji pojedynczego zakładu produkcyjnego, ale obejmuje integrację kluczowych funkcji przedsiębiorstwa (ang. *Core Functions*) z łańcuchami dostaw, w ramach których następuje projektowanie, wytwarzanie i dostarczanie inteligentnych produktów do klientów finalnych. *Smart Industry* tworzą zatem cztery główne komponenty, do których należą inteligentne fabryki współpracujące w ramach inteligentnych łańcuchów dostaw w oparciu o inteligentne technologie w celu wytworzenia i dostarcze-

Tabela 4
Definicje Przemysłu 4.0

GTAI, 2014	INDUSTRIE 4.0 lub inteligentny przemysł odnosi się do czwartej rewolucji technologicznej. Bazuje ona na systemach cyberfizycznych obejmujących inteligentne sieci obiektów i niezależne zarządzanie procesami, umożliwiając interakcje pomiędzy światem rzeczywistym i wirtualnym, co stanowi główny aspekt nowoczesnej produkcji. INDUSTRIE 4.0 wprowadza zmianę paradygmatu z produkcji „scentralizowanej” na „zdecentralizowaną”, wytyczając drogę ku nowej erze technologicznej, która radykalnie zmieni przemysł i łańcuchy wartości produkcji oraz modele biznesowe (np. koncepcja Inteligentnej Fabryki — <i>Smart Factory</i>).
McKinsey, 2015	Przemysł 4.0 to kolejna faza cyfryzacji sektora wytwarzania, łącząca równoczesny postęp w czterech obszarach: wzrost ilości danych, mocy obliczeniowej i łączności; pojawienie się nowych narzędzi analitycznych oraz analizy biznesowej; nowe formy interakcji człowiek-maszyna, takie jak interfejsy dotykowe i systemy poszerzonej rzeczywistości; doskonalenie przenoszenia instrukcji w postaci cyfrowej do świata fizycznego, na przykład zaawansowana robotyka i drukowanie 3D.
SAP, 2015	Przemysł 4.0 to wspólny termin dla technologii i koncepcji organizacji łańcucha wartości. W oparciu o koncepcje technologiczne systemów cyberfizycznych, Internetu Rzeczy i Internetu Usług, umożliwi realizację wizji Inteligentnej Fabryki (ang. <i>Smart Factory</i>). W ramach modułowej struktury inteligentnych fabryk systemy cyberfizyczne monitorują procesy fizyczne, tworzą wirtualną kopię świata fizycznego i podejmują zdecentralizowane decyzje. W Internecie Rzeczy systemy cyberfizyczne komunikują się oraz współpracują ze sobą i z ludźmi w czasie rzeczywistym. Uczestnicy łańcucha wartości współdziałają, korzystając zarówno z wewnętrznych, jak i międzyorganizacyjnych usług oferowanych w ramach Internetu Usług.
Federation of German Industries (BDI), 2016	Przemysł 4.0 odnosi się do czwartej rewolucji przemysłowej. Po mechanizacji (Przemysł 1.0), masowej produkcji (Przemysł 2.0) i automatyzacji (Przemysł 3.0) obecnie „Internet Rzeczy i Usług” staje się integralną częścią systemów wytwarzania. Obejmuje on, między innymi, inteligentne produkty i usługi, wirtualną produkcję, uspołecznione maszyny — wszystko w układzie globalnego działania.
Parlament Unii Europejskiej, 2015	Przemysł 4.0 jest terminem stosowanym do grupy szybkich transformacji następujących w projektowaniu, produkcji, eksploatacji i serwisowaniu systemów produkcyjnych oraz samych produktów. Oznaczenie 4.0 wskazuje, że jest to czwarta rewolucja przemysłowa na świecie, następująca po trzech wcześniejszych rewolucjach przemysłowych, które spowodowały niezwykle wzrost produktywności i zmianę życia ludzi na całym świecie.
Gartner, 2015	Podstawową ideą Industrie 4.0 jest połączenie inteligentnych systemów i urządzeń produkcyjnych w celu wygenerowania cyfrowej konwergencji między przemysłem, biznesem oraz wewnętrznymi funkcjami i procesami. Industrie 4.0 odnosi się do czwartej rewolucji przemysłowej i wprowadza koncepcję „systemów cyberfizycznych”, aby odróżnić tę nową fazę ewolucyjną od elektronicznej automatyzacji, która miała miejsce we wcześniejszym okresie.
PwC, 2016	Przez Przemysł 4.0 rozumiemy zaawansowaną transformację cyfrową łańcuchów wartości, produktów, usług i modeli biznesowych.

Źródło. opracowanie własne.

Tabela 5

Wielowymiarowość koncepcji *Smart Industry*

SMART INDUSTRY					
Inteligentne łańcuchy dostaw	Inteligentne technologie	Inteligentne produkty i usługi	Inteligentna fabryka		
↓	↓	↓	↓		
Digitalizacja i integracja łańcuchów wartości pionowych i poziomych		Digitalizacja produktów i ofert usług		Digitalizacja modeli biznesowych i dostępu klienta	
↓	↓	↓			
Współdziałanie	Wirtualizacja	Decentralizacja	Działanie w czasie rzeczywistym	Orientacja na usługi	Modułowość
Dane i Analityka jako główne zdolności					
Platformy IoT	Przetwarzanie w chmurze	Inteligentne czujniki	Drukowanie 3D	Wielopoziomowe interakcje klienta i profilowanie klientów	
Urządzenia przenośne	Zaawansowane interfejsy człowiek – maszyna	Technologie wykrywania lokalizacji	Poszerzona rzeczywistość	Uwierzytelnianie i wykrywanie oszustw	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: PwC, 2016; Hermann, Pentek, Otto, 2016.

nia inteligentnych produktów i usług, zgodnie z potrzebami klientów. Kompleksowość i wielowymiarowość koncepcji została przedstawiona schematycznie w tabeli 5.

Wdrożenie koncepcji inteligentnego przemysłu wymaga wdrożenia procesów integracji, które obejmują (Wang, Wan, Li, Zhang, 2016; PwC, 2016):

- integrację w układzie poziomym, obejmującą procesy wewnątrz poszczególnych organizacji, poczynając od projektu i zakupów, po dostawy do klienta oraz usługi posprzedażne;
- integrację w układzie pionowym, uwzględniającym współdziałanie w dostawcami, klientami i kooperantami w łańcuchu wartości.

Należy tu zwrócić uwagę na interoperacyjność inteligentnego przemysłu, w którym wszystkie jego komponenty, to jest fabryki, ludzie, maszyny, systemy projektowania, wytwarzania oraz dostarczania produktów i usług, współdziałają w celu zaspokojenia potrzeb klienta w sposób możliwie efektywny i szybki.

Interoperacyjność jest też punktem wyjścia do maksymalizacji korzyści z całego systemu wykorzystującego potencjał cyfrowych technologii. Możliwość łączenia danych i informacji pochodzących z różnych źródeł jest bowiem podstawą do budowania łańcuchów dostaw nowej generacji, czyli inteligentnych łańcuchów dostaw (ang. *Smart Supply Chain*), o czym będzie mowa w następnej części artykułu.

Smart Supply Chain — łańcuchy dostaw nowej generacji

Według M. Christophera łańcuch dostaw to sieć organizacji zaangażowanych, poprzez powiązania z dostawcami i odbiorcami, w różne procesy oraz działania, które tworzą wartość w postaci towarów i usług dostarczanych konsumentom. Zarządzanie łańcuchem dostaw to zarządzanie relacjami z dostawcami i odbiorcami oraz klientami w celu dostarczenia najwyższej wartości dla klienta po najniższych kosztach dla całego łańcucha (Christopher, 2016). Jest to możliwe dzięki ograniczaniu barier komunikacyjnych i eliminacji zbędnych nadwyżek poprzez koordynację, monitoring oraz kontrolę procesów (Power, 2005). Aby osiągnąć taki cel, niezbędna jest integracja łańcucha dostaw, u której podstaw leżą trzy główne elementy:

- systemy informacyjne zarządzające przepływami informacji i pieniędzy;
- zarządzanie zapasami, czyli przepływami materiałów i produktów;
- zarządzanie relacjami pomiędzy zaangażowanymi partnerami biznesowymi (Handfield, Nichols, 1999).

Szczególnie istotnym obszarem, który w bezpośredni sposób kształtuje sposób i tempo reakcji łańcuchów dostaw na zmiany w popycie, jest dostęp do informacji. Zastosowanie systemów informacyjnych

w zintegrowanych łańcuchach dostaw ogranicza ich złożoność, a zatem także poziom kosztów (Power, 2005). Również z tego względu zastosowanie rozwiązań technologicznych stanowi jeden z głównych obszarów zainteresowań zarządzających łańcuchami dostaw.

Współcześnie procesy zachodzące wewnątrz organizacji, oferowane produkty, kanały komunikacji i wszystkie inne kluczowe aspekty związane z zarządzaniem łańcuchem dostaw przechodzą proces przyspieszonej cyfryzacji (Geisberger, Broy, 2008). Według B.L. MacCarthy'ego i in. technologia oraz innowacje są jednymi z głównych czynników wpływających na ewolucję łańcucha dostaw (MacCarthy, Blome, Olhager, Srari, Zhao, 2016). Niewątpliwie technologia przyczynia się do głębokich zmian w obrębie organizacji łańcuchów (czy raczej sieci) dostaw i jest jednocześnie czynnikiem zewnętrznym wywierającym silną presję na ich kształt oraz sposób zarządzania.

Turbulentność otoczenia, fluktuacje popytu, skracające się cykle życia produktów i dynamiczny przyrost danych gromadzonych w przedsiębiorstwach to tylko część efektów postępującej cyfryzacji i rozwoju tzw. inteligentnego środowiska (ang. *Smart Environment*). Można je zdefiniować jako świat fizyczny, który w sposób w zasadzie niezauważalny nieustannie nasycany jest czujnikami, sensorami, rejestratorami, wyświetlaczami, czy innymi urządzeniami stale identyfikującymi zachowanie (i tożsamość) obiektów i ludzi w przestrzeni fizycznej oraz wirtualnej. Wytwarzane, gromadzone i przetwarzane są ogromne ilości danych, które przekładane na adekwatne informacje są w stanie wesprzeć decyzje i stymulować działania zmierzające ku dalszej poprawie jakości życia.

Ważną odpowiedzią na te uwarunkowania jest potrzeba zmiany podejścia wobec budowania łańcuchów dostaw, których zadaniem jest dostarczanie „najwyższej wartości dla klienta po najniższych kosztach”. Przedsiębiorstwa, które dostrzegły istotę zachodzących zmian w otoczeniu gospodarczym, coraz częściej migrują swoje działania, procesy (tj. planowanie, zakupy, wytwarzanie, dostarczanie i zwroty) — i sam megaproces zarządzania łańcuchem dostaw — do świata wirtualnego. W rezultacie powstają tzw. inteligentne łańcuchy dostaw (ang. *Smart Supply Chain*). Ich istotą jest budowanie połączonych systemów integrujących technologie wykorzystywane przez wszystkich partnerów w łańcuchu dostaw (Wu, Yue, Jin, Yen, 2016). *Smart Supply Chain* jest zatem systemem systemów wykorzystujących potencjał technologii, takich jak IoT, Cloud Computing, druk 3D, Big Data i analityka dużych zbiorów danych, sztuczna inteligencja, automatyzacja czy robotyzacja. Taki ekosystem technologii i adekwatne wykorzystanie analityki danych umożliwi podejmowanie decyzji niemal w czasie rzeczywistym wobec zdarzeń zachodzących w świecie fizycznym na różnych pozio-

mach łańcucha dostaw. Podejście to wychodzi również naprzeciw potrzebie realizacji procesów umożliwiających wskazaną wcześniej integrację pionową i poziomą.

Smart Supply Chains to łańcuchy dostaw, które jednocześnie posiadają zbiór pewnych wyróżniających je właściwości. Należą do nich (Wu, Yue, Jin, Yen, 2016):

- **wykorzystywanie technologii** (ang. *Instrumented*). Łańcuchy te w znaczącej części funkcjonują w oparciu o technologie (głównie cyfrowe), dzięki którym pozyskują informacje i na podstawie których podejmowane są działania;
- **połączenie** (ang. *Interconnected*). Wszystkie ogniwa, ich aktywa, systemy IT, produkty i inne obiekty są połączone w ramach danego łańcucha. Takie połączenie umożliwia sterowanie całym łańcuchem np. poprzez wykorzystanie tzw. wieży kontroli (ang. *Supply Chain Control Tower*). Koordynują one planowanie i realizację działań o znaczeniu strategicznym, wynikających z przyjętych celów dla całego łańcucha (van Doesburg, 2011), np. poprawa dostępności towarów w całym systemie, a w szczególności na poziomie detalicznym, skrócenie czasu dostawy, poprawa przejrzystości przepływów i identyfikacji lokalizacji poszczególnych partii produktów lub pojedynczych towarów czy współdzielenie przestrzeni ładunkowej, bądź magazynowej dostępnej w ramach danej sieci współpracy;
- **inteligencja** (ang. *Intelligent*). W tego typu łańcuchach wspomagane są decyzje podejmowane na szeroką skalę, dla których perspektywą jest holistyczne ujęcie i dążenie do osiągnięcia maksymalizacji korzyści całego łańcucha oraz wszystkich jego ogniw jednocześnie. Przy czym uwzględnia się również współzależność wpływu działań realizowanych w jednym obszarze, bądź ogniwie na pozostałe obiekty należące do tego systemu;
- **zautomatyzowanie** (ang. *Automated*). Automatyzacja dotyczy tu nie tylko pojedynczych działań, ale i całych procesów o niskiej wydajności, zastępując pracę człowieka, eliminując jego działania niedodające wartości i umożliwiając wykluczenie popełnianych przez niego błędów. Tym samym automatyzację warto rozpatrywać nie tylko w perspektywie rozwiązań dotyczących procesów produkcyjnych, ale również pozostałych — realizowanych w całym łańcuchu dostaw;
- **zintegrowanie** (ang. *Integrated*). Integracja procesu łańcucha dostaw obejmuje współpracę na wszystkich jego etapach. Dotyczy wspólnego podejmowania decyzji, wspólnego wykorzystywania systemów i wymiany informacji. Jak zaznaczono, poza relacjami oparta jest ona o wykorzystanie systemów informacyjnych, a także kompetencje zarządzania przepływami fizycznymi w łańcuchu dostaw;

- **innowacyjność** (ang. *Innovative*). Innowacja i innowacyjność odnosi się w tym przypadku do rozwoju nowych wartości dzięki dostarczaniu przez łańcuch dostaw rozwiązań, które lepiej spełniają nowe wymagania, są w stanie realizować niewystarczająco sprecyzowane potrzeby lub nawet potrzeby nieistniejące. Z racji charakterystyki omawianego zagadnienia mowa jest tu głównie o innowacjach w obrębie procesów.

Internet Rzeczy w zarządzaniu łańcuchem dostaw

W realizacji wszystkich wcześniej wymienionych właściwości *Smart Supply Chain* szczególną rolę odgrywa informacja, a w zasadzie jej dostępność i możliwość szybkiego przełożenia na wartości oferowane klientom. W ujęciu zarządzania łańcuchem dostaw źródeł ważnych danych i informacji można upatrywać w obrębie współpracy z klientem, działań konkurencji, rynków zaopatrzenia, prognozowania popytu, zarządzania zapasami czy też zwrotami. Ważnymi aspektami związanymi z zarządzaniem łańcuchem dostaw na podstawie informacji jest możliwość śledzenia przepływu towarów przez łańcuch dostaw, sposobów jego użytkowania przez konsumenta czy utylizacji. Przykładowy przepływ danych w ramach

procesów realizowanych w łańcuchu dostaw przedstawiony jest na rysunku 2.

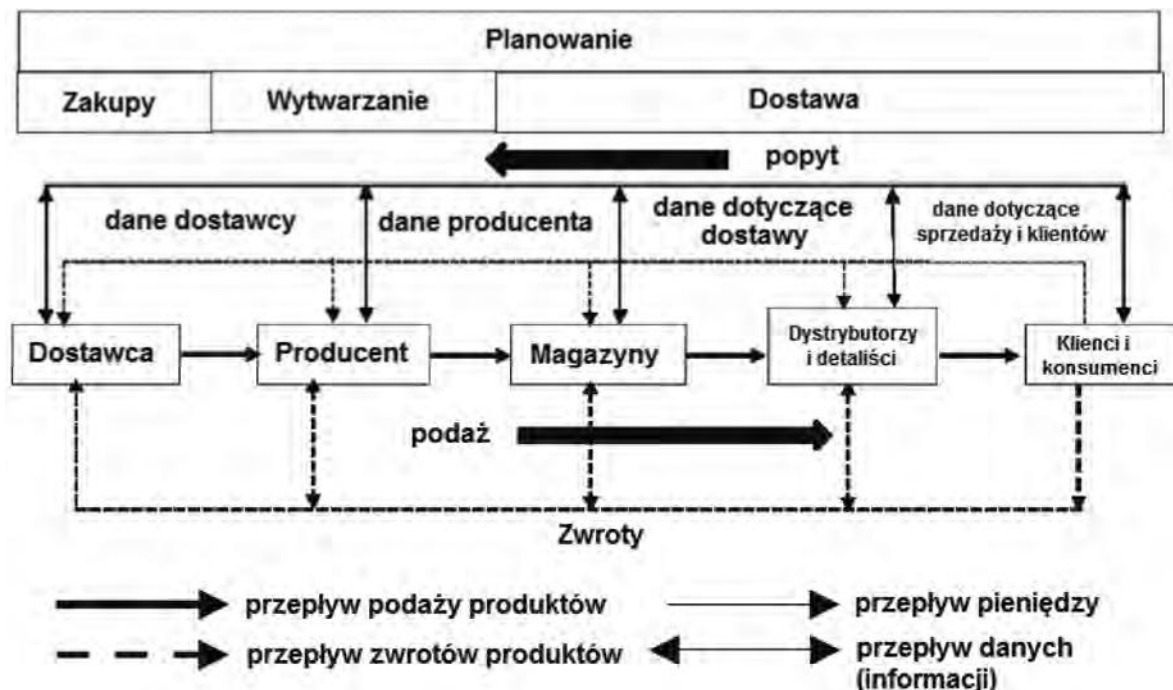
Jednak, w szerszym ujęciu, technologia daje możliwość skorzystania ze znacznie bardziej zróżnicowanej i większej gamy informacji dotyczących nie tylko dostarczanego produktu (towaru i/lub usługi), ale również wszystkich zasobów zaangażowanych w ten proces. W efekcie możliwe jest osiągnięcie pełnej synchronizacji i automatyzacji procesów łańcucha dostaw reagujących w sposób elastyczny oraz adaptacyjny wobec zachodzących zdarzeń w czasie rzeczywistym.

Z tego względu niezmiernie istotne jest włączenie do całego systemu *Smart Supply Chain* takich obiektów, które (również ze względu na wspomnianą interoperacyjność) są w stanie udostępnić dane identyfikujące zdarzenia stanowiące punkt odniesienia do jakości realizacji procesu, w ramach którego są wykorzystywane. Mowa jest tu zatem o IoT stosowanym w zarządzaniu inteligentnymi łańcuchami dostaw w celu ograniczenia luki czasowej pomiędzy przepływem informacji a przepływem towarów. Jego wpływ na poprawę konkurencyjności łańcuchów wynika m.in. z (Irish, 2017):

- wzrostu możliwości personalizacji towarów i usług,
- poprawy przejrzystości przepływów w całym łańcuchu dostaw,
- poprawy jakości współpracy pomiędzy ogniwami łańcucha,

Rysunek 2

Struktura łańcucha dostaw sterowanego informacją



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Biswas, Sen, 2016.

Rysunek 3

Ekosystem Internetu Rzeczy w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Macaulay, Buckalew, Chung, 2015.

- skrócenia czasu reakcji na zmiany w popycie,
- rozwoju nowych modeli biznesu i sposobów dystrybucji w łańcuchach dostaw,
- wzrostu innowacyjności łańcucha dostaw,
- ograniczeniu występowania ryzyka w łańcuchach dostaw.

W efekcie powyższych zdarzeń inteligentne łańcuchy dostaw wykorzystują IoT nie tylko w celu ograniczenia działań niedodających wartości, „wyszczuplenia” łańcucha (ang. *Lean Supply Chain*), czy poprawy jego adaptacyjności (ang. *Agile Supply Chain*, *Adaptive Supply Chain*, *Leagile Supply Chain*). Jest on bowiem również stosowany w celu uelastycznienia całego systemu (ang. *Flexible Supply Chain*) zmierzającego do skracania czasu reakcji czy raczej podejmowania działań proaktywnych wobec diagnozowanych potencjalnych zakłóceń, dla zachowania ciągłości zarządzanych przepływów. Istotą wykorzystania IoT w zarządzaniu łańcuchem dostaw jest zatem możliwość zarządzania adekwatną informacją pozyskiwaną ze wszystkich obiektów znajdujących się w jego otoczeniu i umożliwiających wsparcie jakości jego działań. Tym samym inteligentne zarządzanie łańcuchem dostaw uwzględnia zarówno wszystkich partnerów (ogniwa), jak i otoczenie, w którym funkcjonują konsumenci w ujęciu obszarów co najmniej niezbędnych wobec identyfikacji zdarzeń ważnych dla tej grupy interesariuszy. Przykładowe środowisko pozyskiwania danych i in-

formacji w celu zarządzania inteligentnym łańcuchem dostaw z wykorzystaniem IoT przedstawia rysunek 3.

Zakończenie

Rozwój technologii jest procesem, który nabrał w ostatnich latach szybkiego tempa i dotyczy głównie rozwiązań cyfrowych. Wywierają one znaczący wpływ na współczesne fabryki i zarządzanie łańcuchem dostaw. Podczas gdy łańcuchy dostaw w sferze usług są relatywnie prostym przedmiotem migracji do świata wirtualnego, to łańcuchy dostaw w przemyśle — łączące w ramach zarządzania przepływami koordynację transportu towarów — mogą stanowić wyzwanie dla zarządzających. Szczególną rolę w cyfryzacji łańcuchów dostaw odgrywa inteligentny przemysł. Jak się bowiem okazuje, automatyzacja czy robotyzacja procesów produkcyjnych jest współcześnie niewystarczająca dla maksymalizacji korzyści wynikających z wdrażania technologii. Odpowiedzią na takie wyzwania mogą być inteligentne łańcuchy dostaw. Posiadają one bowiem cechy niezbędne do diagnozowania konkurencyjności całego systemu, jakim jest *Smart Industry* w ujęciu holistycznym (ang. *end-to-end*), czyli z uwzględnieniem wszystkich ogniw współpracujących w ramach dostarczania wartości konsumentom.

Kluczową rolę w tym procesie odgrywa IoT. Osiągnięcie korzyści wynikających z zastosowania Internetu Rzeczy w inteligentnych łańcuchach dostaw i inteligentnym przemyśle wymaga jednak adekwatnego przygotowania obydwu obszarów i wszystkich towarzyszących takiemu projektowi obiektów wyposażonych w sensory.

Do głównych aspektów, które warto uwzględnić analizując potencjał takiego rozwiązania, należą m.in. (Material Handling & Logistics US Roadmap, 2014):

- dostępność platformy opartej o rozwiązania chmury obliczeniowej, za pośrednictwem której zarządza się przepływami;
- zastosowanie ujednoliconych standardów przesyłanych danych;
- interoperacyjność systemów i aplikacji;
- skala obiektów wyposażonych w sensory;
- wdrożenie systemów bezpieczeństwa.

Ponadto szczególnie istotnym czynnikiem stymulującym sukces we wdrażanej koncepcji *Smart Supply Chain* w dobie *Smart Industry* jest możliwość porozumienia się tak dużej i niezwykle zróżnicowanej grupie interesariuszy zaangażowanych w projekt. Warto uwzględnić taki aspekt jeszcze przed podjęciem decyzji o integracji łańcucha dostaw w przemyśle z wykorzystaniem technologii, ponieważ w wielu przypadkach może to być czynnik zdecydowanie trudniejszy niż zaprojektowanie systemu wymiany informacji pomiędzy obiektami.

Warto pamiętać też, że IoT jest w stanie wspierać konkurencyjność w daleko szerszym spektrum wykraczając poza obiekty (i partnerów) aktualnie zaangażowane we współpracę. Internet, za pośrednictwem którego łączą się obiekty, oferuje bowiem możliwość wymiany informacji także z innych obszarów życia konsumentów, stanowiąc interesujący grunt dla rozwoju nowej oferty przedsiębiorstw.

Bibliografia

- Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFiD Journal*, 22 (7), 97–114.
- Baur, C., Wee, D. (2015). *Manufacturing's next act*. June.
- Biswas S., Sen, J. (2016). A Proposed Architecture for Big Data Driven Supply Chain Analytics. *The IUP Journal of Supply Chain Management*, XIII (3), 2016, 12.
- Cellary, W., Rykowski, J. (2015). Challenges of Smart Industries — Privacy and payment in Visible versus Unseen Internet. Government Information Quarterly. Elsevier (in press).
- Christopher M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (13–14). London: Pearson.
- Da Xu, L., He, W., Li, S. (2014). Internet of things in industries: a survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10 (3), 2233–2243.
- Davies, R. (2015). *Industry 4.0 — Digitalisation for productivity and growth*. European Parliamentary Research Service, PE 568.337, September.
- Geisberger, E., Broy, M. (2012). *Agenda CPS — Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. Berlin: Springer.
- Handfield, R.B., Nichols, E.L. (1999). *Introduction to Supply Chain Management*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 5.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE 3928–3937/16
- Hmida, H.B., Braun, A. (2017). Enabling an Internet of Things Framework for Ambient Assisted Living. W: R. Wichert, B. Mand (red.), *Ambient Assisted Living* (181–196). Springer International Publishing.
- Industrie 4.0 — The Ten Things the CIO Needs to Know*; <https://www.gartner.com>
- Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*, (2016). GTAI, Germany Trade & Invest, Berlin.
- Information Systems for Interconnected Logistics. Research & Innovation Roadmap* (2015). ALICE Global Supply Network Coordination and Collaboration.
- Internet of Things: Strategic Research Roadmap* (2009). Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (CERP-IoT) developed in 2009 its Strategic Research Agenda (SRA).
- Irish, Ch. (2017). *The IoT Opportunity, Checkout* (25). December 2017. Madison Publications Ltd., 25.
- Koalicja na Rzecz Obrotu Bezgotówkowego i Mikropłatności przy Związku Banków Polskich. *Program Rozwoju Obrotu Bezgotówkowego w Polsce na lata 2014–2020*.
- Lee, I., Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, (58), 431–440.
- Macauley, J., Buckalew, L., Chung, G. (2015). *Internet of Things in Logistics. DHL Trend Research, Cisco Consulting Services. A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry* (25). Troisdorf, Germany: DHL Customer Solutions & Innovation.
- MacCarthy, B.L., Blome, C., Olhager, J., Srari, J.S., Zhao, X. (2016). Supply chain evolution — theory, concepts and science. *International Journal of Operations & Production Management*, 36 (12), 1696–1718.
- Material Handling & Logistics US Roadmap (2014), MHI, December. W: G. Braun, (2015). *The Internet of Things and the Modern Supply Chain*. White Paper, C3 Solutions, 8.
- Otte, C., *What is Industry 4.0?*, 02/10/2016, <https://english.bdi.eu>
- Perera, Ch., Zaslavsky, A., Christen, P., Georgakopoulos, D. (2014). Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16 (1), First Quarter, 414–454.
- Power, D., (2005), Supply chain management integration and implementation: a literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 10 (4), 253, 254.
- Przybyłek, A. (2008). Protokoły transmisyjne stosu TCP/IP. W: J. Winiarski (red.), *Sieci komputerowe w biznesie* (103–141). Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- PwC (2016). Przemysł 4.0 czyli wyzwania współczesnej produkcji, 12.

- PwC (2016). Przemysł 4.0, czyli wyzwania współczesnej produkcji, 12.
- Stopczyński B. (2016). Chmura produktowa innowacją zmieniającą oblicze produktu na przykładzie samochodu. W: Z. Ślusarczyk, J. Jan-czewski (red.), *Zarządzanie innowacyjne w gospodarce i biznesie*, 2 (23), 89–99. Łódź: Wydawnictwo Akademii Humanistyczno-Eko-nomicznej w Łodzi.
- van Doesburg, R. (2011). *Global Supply Chain Control Towers. Achieving end-to-end Supply Chain Visibility*. London: Capgemini.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., Zhang, Ch. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distribu-ted Sensor Networks*, 16 (7), 1–10.
- Wu, L., Yue, X., Jin, A., Yen, D.C. (2016). Smart supply chain management: a review and implications for future research. *The Interna-tional Journal of Logistics Management*, 1 (27), 369, 400.
- <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7426593> (27.07.2017).
- <http://www.etp-logistics.eu> (17.07.2017).
- http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf(26.07.2017).
- http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf (26.07.2017).
- <http://zbp.pl/dla-bankow/zespoły-rady-i-komitetu/podaj-nazwe/obrot-bezgotowkowy/koalicja> (27.07.2017).
- <https://blogs.sap.com/2015/06/30/industry-40-fourth-industrial-revolution/> (17.07.2017).
- <https://www.bitcoin.com/> (27.07.2017).
- <https://www.mckinsey.com>

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne poleca



Transport należy do najważniejszych sektorów gospodarki. Znacząco przyczynia się do wzrostu gospodarczego, a także zapewnia wiele miejsc pracy. Zmiany w funkcjonowaniu współczesnego świata wymuszają zmiany także w polityce transportowej. Autorzy pokazali więc: założenia współczesnej polityki transportowej, paradygmaty rozwoju transportu w Unii Europejskiej, miejsce transportu w koncepcji zrównoważonego rozwoju, korytarze transportowe jako narzędzia polityki transportowej Unii Europejskiej, politykę transportową w sektorze kolejowym, międzynarodowy transport drogowy, rynek transportu lotniczego, funkcjonowanie i rozwój portów morskich, śródlądowy transport wodny, politykę transportową w miastach i aglomeracjach, logistyczne aspekty europejskiej polityki transportowej.

Książka jest przeznaczona przede wszystkim dla wykładowców i studentów kierunków ekonomicznych w wyższych uczelniach różnego typu.

Zapraszamy do księgarni internetowej
www.pwe.com.pl