



Anna Wronka

Uniwersytet Łódzki
Wydział Zarządzania
Katedra Logistyki
akraw@uni.lodz.pl

INTELIGENTNE ŁAŃCUCHY DOSTAW

Streszczenie: Artykuł dotyczy stosunkowo nowego zagadnienia w rzeczywistości logistycznej, a mianowicie digitalizacji łańcuchów dostaw. Nieunikniony postęp technologiczny przy jednocześnie coraz trudniejszych warunkach prowadzenia działalności gospodarczej to kluczowe czynniki, które stymulują wzrost poziomu wykorzystania nowoczesnych narzędzi informatycznych do zarządzania zintegrowanymi w ramach łańcuchów ogniwami. Wizja Industry 4.0, a coraz częściej nawet Industry 5.0, uwypukla znaczenie technologii typu IIoT (ang. *Industrial Internet of Things*) oraz ICT (ang. *Information and Communication Technologies*). Celem artykułu jest przedstawienie istoty pojęcia inteligentnych łańcuchów dostaw, a także wskazanie możliwości i zakresu zastosowania przykładowych technologii informatycznych kształtujących i wspomagających zarządzanie tego typu łańcuchami. W artykule poza analizą teoretyczną wybranego zagadnienia zamieszczono przykład praktycznej implementacji systemu typu SCADA w firmie produkcyjnej. Opiszano proces analizy wdrożeniowej systemu oraz zdefiniowano jego funkcjonalne zadania, w szczególności w zakresie usprawnień procesów logistycznych, a także wskazano kluczowe korzyści dla podmiotu stosującego system, jego dostawców i klientów.

Słowa kluczowe: technologie informatyczne, inteligentne łańcuchy dostaw, SCADA.

JEL Classification: M1, M10.

Wprowadzenie

Do słownika pojęć logistycznych coraz częściej wchodzi nowatorskie terminy związane z transformacją szeroko rozumianej logistyki. Ma to związek z postępowaniem technologicznym oraz zmianami w zarządzaniu łańcuchami dostaw. Ponadto zjawisko globalizacji, masowa personalizacja, przy jednocześnie wzrastającej złożoności produktów, a także coraz krótszy cykl ich życia to kluczowe

czynniki wymuszające doskonalenie procesów produkcyjnych i logistycznych za pomocą takich koncepcji, jak Internet Rzeczy w Przemśle (ang. *Industrial Internet of Things* – IIoT), samouczące się maszyny (ang. *Machine Learning, Cognitive Computing*) czy rozwiązania systemowe z zakresu M2M (ang. *Machine to Machine*). Wszystkie wymienione innowacje mają za zadanie usprawnić przepływ informacji pomiędzy różnymi obiektami i tym samym przyczynić się do wzrostu efektywności i skuteczności procesów decyzyjnych podejmowanych z wykorzystaniem strukturalnych i niestructuralnych danych generowanych przez powszechnie wykorzystywane w przedsiębiorstwach czujniki, kontrolery czy inne urządzenia gromadzące informacje, inherentnie związane z produkcją i/lub logistyką. Nadchodzące światowe trendy jednoznacznie wskazują, iż branża logistyczna będzie kształtowana przede wszystkim na podstawie cyfryzacji i systemów samouczących [www 1, s. 7]. Specjaliści jednogłośnie przewidują, iż usieciowienie łańcuchów logistycznych jest nieuniknione, gdyż według szacunków McKinsey Global Institute minimalna wartość rynku IoT na świecie w 2025 r. osiągnie poziom około 4 bln USD, a w scenariuszu dynamicznym może dojść nawet do 11 bln USD [www 2, s. 4]. Jednakże należy podkreślić, iż mimo wielu mierzalnych korzyści generowanych przez takie cyberfizyczne systemy, jak IIoT, przede wszystkim w zakresie optymalizacji: aktywów, procesów czy zadań, istnieje wiele ograniczeń, które mogą eliminować niektóre podmioty. Do zasadniczych barier należą te o charakterze technologicznym, prawnym, a także niekiedy społecznym. W raporcie Światowego Forum Ekonomicznego wskazuje się trzy główne obszary ryzyka wdrażania założeń IIoT, a mianowicie: kwestię zapewnienia bezpieczeństwa i poufności danych w kontekście ataków hakerskich czy przejawów szpiegostwa przemysłowego, brak ustandaryzowanej interoperacyjności pomiędzy istniejącymi systemami i urządzeniami oraz niedookreślone modele zastosowań, które nie gwarantują pewności zwrotu z inwestycji [www 4, s. 4]. Mimo to praktyka gospodarcza z roku na rok wykazuje coraz większe zainteresowanie i zapotrzebowanie na cybernetyczne technologie, upatrując w nich źródła dominującej przewagi konkurencyjnej. W Polsce, mimo iż – jak wskazują badania – tylko 3% firm korzysta z zaawansowanych ekosystemów, analitycy dostrzegają duży potencjał rozwoju wynikający przede wszystkim z wysokiego stopnia adaptacji oraz szeroko zakrojonego transferu światowych technologii przez firmy prowadzące działalność na terenie Polski.

1. Inteligentne łańcuchy dostaw

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele zróżnicowanych terminów związanych z nowymi, cyfrowymi systemami globalnej komunikacji biznesowej

zorientowanej na optymalną realizację zamówień klientów. W zależności od wiodących cech analizowanych zjawisk czy obiektów akcentują one różny wymiar szeroko rozumianej inteligencji przemysłowej. Jednakże w kontekście doskonalenia procesów logistycznych zastosowanie założeń Internetu Rzeczy w Przemśle nierozzerwalnie wiąże się z tzw. inteligentnymi łańcuchami dostaw (ang. *smart supply chains* – SSC), które są przykładem implementacji nowoczesnych, zintegrowanych systemów aplikacyjnych obejmujących swoim zasięgiem nie tylko pojedyncze, izolowane lokalizacje (ogniwa łańcucha), ale także współzależne, zintegrowane łańcuchy [Wu i in., 2016, s. 396]. Inteligentny łańcuch dostaw łączy wyróżniające cechy koncepcji Inteligentnej Fabryki (ang. *Smart Factory*), Przemysłu 4.0 (ang. *Industry 4.0*) czy zarządzania w chmurze (ang. *Cloud Management*) ze zdolnością do powiązania, zebranych z różnych źródeł, danych z komunikacją w czasie rzeczywistym na wszystkich szczeblach łańcucha dostaw i na tej podstawie do podejmowania skutecznych i sprawnych, z punktu widzenia klienta, decyzji. Szczegółowe znaczenie inteligentnego łańcucha dostaw jest modyfikowane w zależności od branży, wielkości i innych czynników determinujących. Jednakże można zidentyfikować ogólne wyróżniki, które będą wskazywać na powyższy rodzaj łańcucha. Są to:

- Oprzyrządowanie: w nowoczesnych łańcuchach dostaw informacje są generowane przede wszystkim przez maszyny, urządzenia i systemy, w tym w szczególności przez czujniki, liczniki, znaczniki czy fale radiowe w technice RFID.
- Współzależność: inteligentne powiązanie w ramach łańcucha wszystkich ogniw, w tym: podmiotów gospodarczych, aktywów, systemów informatycznych, wyrobów materialnych i usług.
- Inteligencja: w ramach inteligentnych łańcuchów dostaw są podejmowane, na dużą skalę, decyzje optymalizujące wskaźniki realizowanych w ramach łańcuchów procesów.
- Automatyzacja: inteligentne łańcuchy dostaw charakteryzują się wysokim stopniem automatyzacji przepływów procesowych w celu redukcji nieefektywnych zasobów, włącznie z siłą roboczą.
- Integracja: wielowymiarowy proces integracji łańcuchów wymaga współpracy na wszystkich szczeblach łańcucha (korporacyjnym, strategicznym i operacyjnym), w szczególności w zakresie podejmowania decyzji, wdrażanych systemów i dzielenia się informacją.
- Innowacyjność: innowacje stanowią rozwinięcie nowych wartości poprzez stosowanie rozwiązań spełniających lub wręcz przewyższających zgłoszone i ukryte potrzeby oraz oczekiwania klientów [Wu i in., 2016, s. 400].

Fenomen inteligentnych łańcuchów dostaw tkwi w wymiernych korzyściach, które płyną z ich implementacji. Przede wszystkim są to nieograniczone możliwości skutecznego i efektywnego zarządzania informacjami. Ponadto w sytuacji gdy dynamiczne i złożone realia prowadzenia działalności przemysłowej przerastają ludzką percepcję i tym samym możliwości, inteligentne łańcuchy są w stanie przełamać niewydolność procesów biznesowych i tym samym przyczynić się do udoskonalenia działalności operacyjnej, a to z kolei przekłada się na redukcję kosztów i minimalizację ryzyka. Jednakże zaprojektowanie, wdrożenie, utrzymanie i doskonalenie inteligentnego łańcucha dostaw nie jest ani łatwym, ani krótkotrwałym procesem. Wymaga on bowiem kompleksowej strategii zorientowanej na identyfikację zasobów łańcucha pod kątem ich możliwości współdziałania, a następnie wdrożenia inteligentnych aplikacji do ich optymalnego wykorzystania [Bughin, Livingstone, Marwaha, 2011, s. 103]. Mimo iż specyfika każdego łańcucha będzie dyktować sposób implementacji założeń koncepcji, można zidentyfikować trzy kluczowe etapy. Są to fazy: wczesna, w której funkcjonują lokalne aplikacje typu e-sourcing czy tagi RFID, średniozaawansowana, z wdrożeniem systemu w danej jednostce, na przykład na zasadzie inteligentnej fabryki albo usługi, a także ostatnia faza, zaawansowana, charakteryzująca się implementacją inteligentnych rozwiązań, głównie informatycznych, integrujących procesy dostaw, produkcji i sprzedaży w całym łańcuchu. Bez względu na stopień zaawansowania cyfryzacji łańcucha niezbędne jest posiadanie odpowiedniej bazy zasobów IT.

2. Technologie informatyczne w inteligentnych łańcuchach dostaw

Warunkiem sine qua non powstania inteligentnego łańcucha jest wsparcie nowoczesnych technologii informatycznych. Integracja procesów, zarządzanie informacją w czasie rzeczywistym, elastyczność względem potrzeb klienta to zmienne, które wręcz wymagają użycia dodatkowych narzędzi z zakresu ICT (ang. *Information and Communication Technologies* – Technologie informacyjno-komunikacyjne). Zarządzanie heterogeniczną informacją jest czasem wręcz utożsamiane z zarządzaniem technologiami IT wykorzystywanymi w pozyskaniu, przechowywaniu, przetwarzaniu i przekazaniu informacji [Detlor, 2010, s. 103]. Internet Rzeczy w Przemśle stanowi swoistą rewolucję technologiczną, która prowadzi do wizji komunikacji typu: „zawsze, wszędzie, dowolnym środkiem i o wszystkim” [Atzori, Iera, Morabito, 2010, s. 2787]. Analiza aplikacji informatycznych stosowanych w ramach inteligentnych łańcuchów dostaw wskazuje, że w praktyce największą popularnością cieszą się technologie mobil-

ne, które obejmują przenośne urządzenia i związane z nimi usługi, a także specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające chociażby korzystanie z zasobów informatycznych z wykorzystaniem tzw. chmury obliczeniowej (ang. *Cloud Computing*). Technologie mobilne znacząco wpływają na współczesne łańcuchy dostaw, można wręcz stwierdzić za L. Columbus, iż je rewolucjonizują, na przykład w takich aspektach, jak integracja mobilnych systemów CRM z procesami realizacji zamówień i dystrybucji czy zastąpienie manualnych systemów zarządzania zapasami, mobilnymi aplikacjami monitorującymi i raportującymi poziom zapasów w przedsiębiorstwie i całym łańcuchu [Columbus, 2015]. Specjaliści szacują, iż rozwój innowacyjnego przemysłu i usług opartych na technologiach mobilnych może w horyzoncie najbliższych 5-10 lat zwiększyć tempo przyrostu PKB nawet o 1-2% rocznie [Piecuch, Orłowski, 2016, s. 6].

W praktyce sterowanie procesami przemysłowymi w ramach mobilnych technologii odbywa się za pomocą różnych technologii w zależności od obszaru zastosowania. Mogą to być zarówno ogólnodostępne systemy typu RFID (ang. *Radio-Frequency Identification* – system identyfikacji radiowej) czy WMS (ang. *Warehouse Management System* – system zarządzania magazynem), jak i specjalistyczne, autorskie rozwiązania projektowane i rozwijane przez pojedynczych operatorów logistycznych lub biznesowych uczestników łańcuchów dostaw, przykładowo przez takie firmy, jak Raben czy DHL [Ocicka, 2017, s. 80].

Poza typowymi technologiami mobilnymi stosuje się także wiele innych systemów informatycznych doskonalących procesy i tym samym podnoszących produktywność inteligentnych łańcuchów dostaw [Wood, 2010, s. 71]. Dla przykładu są to systemy dedykowane wyłącznie logistyce typu: SCM (ang. *Supply Chain Management* – Zarządzanie łańcuchem dostaw), APS (ang. *Advanced Planning Systems* – Zaawansowany system planowania) czy TMS (ang. *Transportation Management System* – System zarządzania transportem), jak również takie przeznaczone dla produkcji, jak: APS (ang. *Advanced Planning and Scheduling* – Zaawansowane planowanie i harmonogramowanie), MES (ang. *Manufacturing Execution System* – System realizacji produkcji) czy SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition* – System nadzorujący przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego).

Przedstawione technologie są bez wątpienia kołem napędowym innowacyjności łańcuchów dostaw, przy czym mobilny Internet i włączenie użytkownika końcowego do ogniwa łańcucha procesowego otwiera nowe możliwości i tym samym kreuje dodatkowe szanse. Jednakże by zasoby IT przyczyniły się do wzrostu produktywności inteligentnych łańcuchów dostaw, muszą one być zintegrowane z pozostałymi składowymi potencjału współpracujących ze sobą firm,

zarówno tymi o charakterze technologiczno-organizacyjnym, jak i ludzkim [Carmichael, 2011, s. 1613]. Właśnie w tym ostatnim czynniku coraz więcej autorów upatruje decydującego wpływu przesądzającego o sukcesie cyfrowego ekosystemu. Zmiana mentalności i nawyków pracowników czy ich świadome przekonanie do digitalizacji procesów mogą w praktyce okazać się niejednokrotnie większym wyzwaniem niż zaprojektowanie architektury przetwarzania i przechowywania danych w chmurze czy implementacja systemów informatycznych [Upton, 2017, s. 29].

3. Zastosowanie systemu informatycznego w funkcjonowaniu inteligentnego łańcucha dostaw – studium przypadku

W celu praktycznej ilustracji opisywanego w artykule zjawiska inteligentnych łańcuchów dostaw, w 2016 r. przeprowadzono badanie jakościowe i na podstawie obserwacji oraz wywiadów z osobami odpowiedzialnymi za procesy produkcyjne i logistyczne opracowano niniejsze studium przypadku. Analizowany podmiot stanowi strategiczny oddział międzynarodowego koncernu reprezentującego sektor energetyki i transportu. Przedmiotem działalności charakteryzowanej jednostki jest produkcja turbin parowych i gazowych dystrybuowanych zarówno na rynek krajowy, jak i światowy. Ze względu na fakt, iż jest to branża podlegająca częstym zmianom koniunkturalnym, a także charakteryzująca się stosunkowo dużą specyfiką klientów i partnerów w łańcuchu dostaw, znaczenie rozwiązań informatycznych wspomagających procesy realizacji oferty jest priorytetowe. Z tego względu firma stosuje liczne nowoczesne technologie (na przykład: system automatycznej kontroli i sterowania produkcją – ACSPCS czy system zarządzania utrzymaniem ruchu i kondycją maszyn – CBMS), wśród których na uwagę zasługuje SCADA. Firma podjęła decyzję o wdrożeniu i uruchomieniu systemu przede wszystkim z powodu braku rzetelnych informacji o realizowanych procesach. Stosowany przed instalacją systemu SCADA sposób gromadzenia i obiegu informacji, oparty głównie na papierowych kartach technologicznych, był nieefektywny, powolny i przestarzały. Brak rzetelności w prowadzeniu dokumentacji przez tylko jednego pracownika prowadził do długofalowych zakłóceń produkcji. Częste awarie produkcyjne, wymagające ciągłej interwencji i dużych nakładów pracy, powodowały znaczne obniżenie jakości i wydajności produkcji. Łańcuch realizacji dostaw był więc z tego powodu przerywany lub mocno spowalniany. Ponadto uwarunkowania rynkowe, jak np. częste zmiany koniunktury czy też nieoczekiwany wzrost lub nagła zmiana zamówień klientów, dodatkowo nakładały się na powstałe problemy

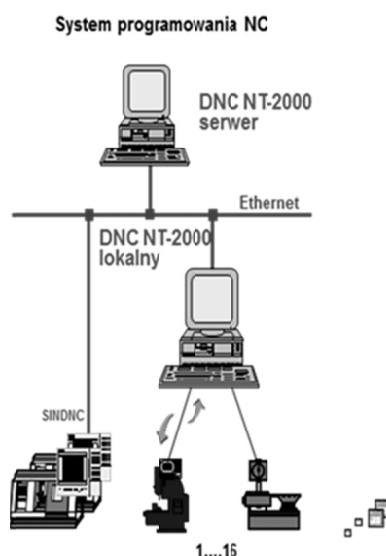
zarządcze i operacyjne, czyniąc przedsiębiorstwo nierentownym. Proces implementacji systemu SCADA w opisywanej firmie został poprzedzony analizą wdrożeniową, której wyniki stanowiły wytyczne do zaprojektowania architektury systemu SCADA. Wyniki analizy wdrożeniowej wskazały:

- rodzaj i ilość mierzonych wielkości;
- temperatury, ciśnienia, wielkości fizyczne;
- informacje z maszyn produkcyjnych o liczbie gotowych detali oraz liczbie detali niezgodnych (odpady produkcyjne);
- czasy pracy maszyny, w tym rzeczywisty technologiczny czas pracy, czas zużyty na ustawianie, załadunek, rozładunek oraz czas poświęcony na przerwy produkcyjne;
- rodzaj oraz konieczne sieci komunikacyjne (np. przewodowe lub bezprzewodowe);
- czas przetwarzania (pobierania i archiwizacji) zmiennych mierzonych, stanowiący determinację rzeczywistego czasu pracy systemu;
- sposób archiwizacji danych (serwery, serwery rozproszone, chmura obliczeniowa);
- stan zarządzania bezpieczeństwem danych (poziomy dostępów dla użytkowników, podpis elektroniczny, szyfrowanie informacji).

System SCADA jest używany w badanym zakładzie produkcyjnym do realizacji funkcji zbierania i przetwarzania danych. Dane o procesie są pozyskiwane za pomocą szeregu czujników lub też mogą być pobierane z innych systemów sterowania (np. z maszyn lub urządzeń sterowanych za pomocą systemów automatyki). Jako nośnik do transmisji zbieranej informacji wykorzystuje się sieci przemysłowe oparte na zróżnicowanych mediach przesyłowych. Należy wyróżnić sieci stosowane w automatyce przemysłowej (np. PROFIBUS czy ModBUS) oraz całą gamę sieci i protokołów komunikacyjnych opartych na tzw. protokołach internetowych. W przypadku braku możliwości użycia sieci przewodowej czasem wykorzystuje się do zbierania danych sieci radiowe (bezprzewodowe). Jednakże ze względu na ochronę informacji jest to w praktyce działanie sporadyczne.

System SCADA pełni zatem w przedstawionej firmie rolę usługową rozumianą jako zapewnienie dostępu do niezbędnych informacji. Dzięki temu wdrożone systemy informatyczne wspierające logistykę produkcji mogą korzystać z dostarczanej informacji w sposób ciągły (praca w czasie rzeczywistym) lub w sposób okresowy. Praca ciągła polega na jednoczesnym przetworzeniu przesłanej informacji, tak aby dane mogły być wykorzystane za pomocą narzędzi informatycznych na potrzeby realizacji logistyki. Otrzymane w wyniku tego procesu dane muszą być przekształcone w sposób, który pozwoli uniknąć błędów i desta-

bilizacji systemu. Z kolei dane pobierane w sposób okresowy mogą być przetworzone przez system informatyczny z udziałem algorytmów statystycznych i służyć do prognozowania zachowania się procesu. Wspomaganie podejmowania decyzji dla systemu realizacji łańcucha dostaw pozwala na optymalne rozlokowanie posiadanych przez firmę zasobów. Na rysunku 1 zaprezentowano przykładową strukturę systemu SCADA opracowaną w celu zarządzania łańcuchem dostaw dla programów technologicznych, które są uruchamiane na maszynach produkcyjnych.



Rys. 1. System SCADA do zarządzania łańcuchem dostaw dla programów technologicznych

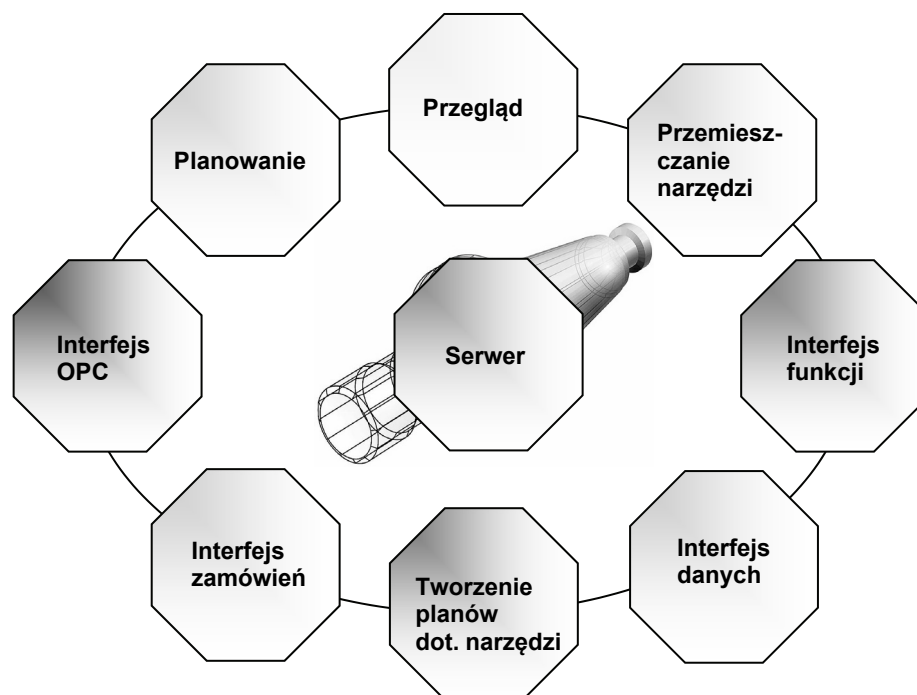
Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej firmy.

Zaprezentowany na rys. 1 system wyróżniają następujące cechy funkcjonalne:

- zarządzanie programami technologicznymi,
- transmisja programów z i do maszyn,
- opieka nad wersjami programu,
- ochrona przed nieautoryzowaną zmianą,
- komunikacja z biurem technologicznym,
- komunikacja z magazynem narzędzi do produkcji,
- zarządzanie zmianami – filtry zmian.

System pozwala kompleksowo zarządzać logistyką środków produkcyjnych, jakimi są programy technologiczne. Duży wolumen niezbędnych progra-

mów jest umieszczony w systemie informatycznym, który jest z kolei sprzężony z działem zakupów i działem sprzedaży przedsiębiorstwa. Zadaniem systemu SCADA jest więc dostarczenie właściwego programu technologicznego do wybranej maszyny lub grupy maszyn we właściwym czasie. Funkcjonalnym zadaniem SCADY jest optymalizacja zarządzania logistyką narzędzi technologicznych używanych w maszynach produkcyjnych. Na rysunku 2 zaprezentowano cykliczny proces obiegu informacji produkcyjnej:



Rys. 2. Cykl obiegu narzędzi w procesie produkcji sterowanym przez system SCADA

Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej firmy.

Należy zwrócić uwagę na standard komunikacji interfejsu OPC (ang. *OLE for Process Control*), którego dostępność w maszynach warunkuje skuteczną pracę systemu. Dane otrzymywane przez system SCADA w formie strumienia, który jest przetwarzany w czasie rzeczywistym, stanowią kluczowe źródło informacji o procesie. Informacja ta jest przetwarzana w sposób uzależniony od aktualnych potrzeb dysponenta. Systemy zarządzania logistyką, które pracują na tzw. wyższej warstwie zarządzania fabryką, czyli np. MES czy ERP, są kompatybilne z systemem SCADA i w umiejętny sposób mogą wymieniać generowane dane. Informacje bieżące oraz statystyczne stanowią więc dane wejściowe do

wbudowanych w procesy logistyczne oraz diagnostyczne inteligentnych algorytmów zarządzania, które warunkują wartość łańcuchów dostaw. Kluczowe korzyści wynikające z zastosowania systemu SCADA dla użytkowników, ich dostawców oraz klientów zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Kluczowe korzyści ze stosowania systemu SCADA w inteligentnym łańcuchu dostaw

Ogniwo inteligentnego łańcucha dostaw	Korzyści ze stosowania systemu SCADA
Producent	<ul style="list-style-type: none"> • Informacja o procesie jest dostarczana w czasie rzeczywistym. Pozwala to na szybkie reagowanie na dane zdarzenie, które wystąpi na produkcji (np. awaria) • W wyniku eliminacji przekłamań w stosunku do dawniej stosowanych metod zbierania informacji o procesie, dane generowane przez system SCADA są zawsze prawdziwe i rzetelne. Wysoka jakość danych jest istotna w szczególności z punktu widzenia zapewniania bezpieczeństwa produkcji • Zastosowanie technik komputerowych do zbierania informacji pozwala na przetwarzanie i magazynowanie informacji bez ograniczeń ilościowych i czasowych. Jest to przydatne do prowadzenia złożonych analiz statystycznych, które można dodatkowo wykorzystać do optymalizacji procesu produkcji (Big Data) • Możliwość lepszego planowania produkcji w toku przy jednoczesnym obniżeniu wskaźników materiałochłonności i energochłonności
Dostawca	<ul style="list-style-type: none"> • Ułatwienie prognozowania zapotrzebowania na dostarczane materiały i usługi • Dostęp do informacji o trendach w produkcji • Możliwość wyznaczenia wskaźników bieżącej jakości dostarczanych materiałów i półproduktów w wyniku automatycznej analizy jakościowej danych • Prognozowanie zapotrzebowania dla dostaw w dłuższych przedziałach czasu • Wzrost bezpieczeństwa przepływów w łańcuchu dostaw
Klient	<ul style="list-style-type: none"> • Wysoka przewidywalność i powtarzalność procesu skutkująca polepszeniem jakości produkcji • Większa wydajność, która przekłada się na dużą elastyczność w realizacji zamówień • Stabilność produkcji oznacza wyższe bezpieczeństwo dla klienta, pewność solidnego kontrahenta

Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej firmy.

Poza zidentyfikowanymi zaletami analizowany system SCADA bez wątpienia wyróżnia otwartość i dostępność dużej liczby protokołów komunikacyjnych, co z kolei umożliwia integrację z urządzeniami automatyki pochodzącymi od różnych producentów i dostawców. Stanowi to warunek konieczny skuteczności i efektywności systemu SCADA w inteligentnym łańcuchu dostaw cyfrowej fabryki pracującej w myśl idei Industry 4.0.

Podsumowanie

Rozpoczęta w Polsce reindustrializacja przemysłu nie jest możliwa bez mobilnej komunikacji między urządzeniami. Program operacyjny Cyfrowa Polska, poza jednostkami gospodarczymi, zakłada również digitalizację procesów sektora publicznego, w tym *back-office* administracji rządowej [www 3]. To nieuniknione przenikanie się świata materialnego z cyfrowym prowadzi do gruntownej przemiany również w obszarze łańcuchów dostaw. Digitalizacja procesów wywołuje wielowymiarową transformację charakteru łańcucha dostaw, który podlega wirtualnemu zobrazowaniu poprzez ciągle zbieranie, przetwarzanie i monitorowanie danych pochodzących od wszystkich ogniw. Stworzenie, dzięki nowoczesnym technologiom informatycznym, responsywnej i otwartej komunikacji przekłada się w praktyce na wiele korzyści, w tym przede wszystkim przedłużenie czasu efektywności i skuteczności łańcuchów dostaw, które poddawane coraz większej liczbie zagrożeń są stale narażone na ryzyko przerwania ciągłości operacyjnej. Alternatywnie firmy stosują także inteligentne systemy (określane również jako systemy ekspertowe), które mają za zadanie stymulować działania podnoszące wartość łańcucha z wykorzystaniem najlepszych, wypracowanych praktyk i zdobytego doświadczenia [Barton, Thomas, 2009, s. 930]. Wobec tak istotnych potencjalnych zalet coraz więcej podmiotów, i to nie tylko *stricte* produkcyjnych czy logistycznych, wdraża wytyczne koncepcji inteligentnych łańcuchów dostaw. O wzroście zainteresowania tym obszarem świadczy nie tylko rosnący rynek podażowy i popytowy inteligentnych technologii, ale także coraz liczniejsze działania promujące i upowszechniające koncepcję inteligentnych łańcuchów dostaw. Są to m.in. targi Smart Expo, konferencje Smart Supply Chain & Logistics czy konkursy premiujące najlepsze ekosystemy. Jednakże aby w pełni wykorzystać potencjał inteligentnych aplikacji do zapewnienia maksymalnej wartości swoim klientom, współczesne podmioty przemysłowe muszą zrewidować swoje modele biznesowe, głównie pod kątem nowych zasobów (informacje, procesy) i zdolności operacyjnych [Johnson, Christensem, Kagermann, 2008, s. 2].

Literatura

- Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010), *The Internet of Things: A Survey*, "Computer Networks", No. 54.
- Barton R., Thomas A. (2009), *Implementation of Intelligent Systems, Enabling Integration of SMEs to High-value Supply Chain Networks*, "Engineering Applications of Artificial Intelligence", No. 22.

- Bughin J., Livingstone J., Marwaha S. (2011), *Seizing the Potential of Big Data*, "McKinsey Quarterly", No. 4.
- Carmichael F., Palacios-Marques D., Gil-Pechuan I. (2011), *How to Create Information Management Capabilities Through Web 2.0*, "The Service Industries Journal", No. 31.
- Columbus L. (2015), *10 Ways Mobility Is Revolutionizing Manufacturing*, "Forbes", No. 4.
- Detlor B. (2010), *Information Management*, "International Journal of Information Management", No. 30.
- Johnson M.W., Christensen C.M., Kagermann H. (2008), *Reinventing Your Business Model*, "Harvard Business Review", No. 12.
- Ocicka B., red. (2017), *Technologie mobilne w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, WN PWN, Warszawa.
- Piecuch I., Orłowski W. (2016), *Technologie mobilne w nowoczesnej Polsce – odpowiedzialny rozwój i równe szanse*, PWC.
- Uton J. (2017), *Setting Sights on the Smart Supply Chain*, "Pharmaceutical Executive – Operations Management", Vol. 3.
- Wood R. (2010), *Creating The Smart Supply Chain*, "MHD Supply Chain Solutions", No. 7-8.
- Wu L., Yue X., Jin A., Yen D.C. (2016), *Smart Supply Chain Management: A Review and Implications for Future Research*, "The International Journal of Logistics Management", No. 27.
- [www 1] DHL Logistics Trend Radar, 2016, www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_logistics_trend_radar_2016.pdf (dostęp: 30.04.2017).
- [www 2] McKinsey Global Institute Report, The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype. Executive summary, 2015, www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world (dostęp: 30.04.2017).
- [www 3] www.polskacyfrowa.gov.pl (dostęp: 30.04.2017).
- [www 4] World Economic Forum, Report: Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services, 2015, www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf (dostęp: 30.04.2017).

SMART SUPPLY CHAINS

Summary: The article discusses the process of digitalisation of the supply chains which is a relatively new issue in logistic reality. While the unavoidable technological progress makes operating a business increasingly difficult, it is also the key factor behind the development of modern IT tools for management of integrated supply chains. Vision of Industry 4.0, and more recently Industry 5.0, highlight the importance of Industrial Internet of Things (IIoT) and ICT (Information and Communication Technologies). The

aim of this article is to indicate how information technology may shape and support the supply chain management. Apart from theoretical analysis of the issue, the author provides an example of the practical implementation of a SCADA system in a production company. It is a tool that measurably improves both internal processes and positively influences the efficiency and effectiveness of the entire supply chain within which the described entity operates.

Keywords: information technology, smart supply chain, SCADA.