

Anna TRZOP\*

## PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ Z ZAKRESU PRZEMYSŁU 4.0 STOSOWANYCH W OBSZARZE LOGISTYKI

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2020.081.15

W artykule pokrótce przybliżono genezę oraz koncepcję przemysłu 4.0. Następnie w sumaryczny sposób przedstawiono oraz scharakteryzowano najważniejsze technologie, które napędzają rozwój czwartej rewolucji przemysłowej: internet rzeczy, sztuczną inteligencję, automatyzację, analitykę dużych zbiorów danych i chmurę obliczeniową. Technologie te stanowią następstwo szybko postępującej współcześnie cyfryzacji. Zaprezentowano możliwości ich zastosowania w różnych obszarach logistyki: produkcji, magazynowaniu, transporcie czy zarządzaniu łańcuchem dostaw. Wskazano najważniejsze korzyści płynące z wdrożenia wymienionych technologii w przedsiębiorstwach logistycznych, umożliwiające wypracowanie przewagi konkurencyjnej. Zwrócono uwagę na fakt ich wzajemnego uzupełniania się.

**Słowa kluczowe:** przemysł 4.0, czwarta rewolucja przemysłowa, logistyka, cyfryzacja

### 1. WPROWADZENIE

#### 1.1. Koncepcja przemysłu 4.0

Rozwój cywilizacji oraz postęp technologiczny sprawiają, że przedsiębiorstwa, aby utrzymać się na rynku, muszą stale się dostosowywać do zmiennych warunków. Zmiany o największej skali dokonywały się na przestrzeni historii gospodarki za sprawą tzw. rewolucji przemysłowych. Dźwigniami trzech pierwszych rewolucji było wdrożenie do produkcji kolejno mechanizacji, energii elektrycznej i technolo-

---

\* Studentka Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Koło Naukowe Logistyki Cargo, ORCID: 0000-0002-6905-6972.

gii informacyjnych. Współczesne społeczeństwo jest świadkiem wejścia w erę tzw. czwartej rewolucji przemysłowej, zwanej również przemysłem 4.0. Koncepcja przemysłu 4.0 została po raz pierwszy zaprezentowana w 2011 r. podczas corocznych targów Hannover Messe. Zgodnie z nią w przyszłości przedsiębiorstwa będą współtworzyć globalne sieci, obejmujące maszyny i zakłady produkcyjne w formie systemów cyberfizycznych (ang. CPS, *cyber-physical systems*). W takich systemach wszelkie fizyczne procesy mają odzwierciedlenie w rzeczywistości cyfrowej. Umożliwia to optymalizację sterowania wszystkimi działaniami, począwszy od tworzenia koncepcji produktu i jego projektowania, poprzez zużycie surowców i energii, kontrolę procesu produkcyjnego wraz z możliwością jego personalizacji, magazynowanie, logistykę i marketing, skończywszy na recyklingu. Połączenie między obszarami fizycznym i cyfrowym stanowią dane przekazywane za pomocą Internetu z poziomu działań sfery materialnej do rzeczywistości cyfrowej oraz w stronę przeciwną, ale także do i od innych potencjalnych podmiotów zewnętrznych. Celem tej pracy jest identyfikacja i analiza możliwości zastosowania rozwiązań z zakresu przemysłu 4.0 w procesach logistycznych współczesnych przedsiębiorstw.

## 1.2. Najważniejsze cyfrowe technologie przemysłu 4.0

Przemysł 4.0 rozwinął się dzięki kilku najnowszym technologiom cyfrowym. Są to: Internet rzeczy, sztuczna inteligencja, automatyzacja, analityka dużych zbiorów danych oraz chmura obliczeniowa.

Ideę **Internetu rzeczy** (ang. *Internet of things*, IoT) sformułował w 1999 r. brytyjski przedsiębiorca i założyciel start-upów – K. Ashton. Jego koncepcja przedstawiała system, w którym świat materialny komunikuje się (wymienia dane) z komputerami za pomocą wszechobecnych czujników. Za narodziny Internetu rzeczy uznaje się przełom lat 2008 i 2009, gdy liczba urządzeń podłączonych do sieci przewyższyła liczbę mieszkańców Ziemi. Obecnie przez termin „Internet rzeczy” rozumie się „ekosystem, w którym przedmioty mogą komunikować się między sobą za pośrednictwem człowieka lub bez jego udziału”.

Pojęcie **sztucznej inteligencji** (ang. *artificial intelligence*, AI) zostało po raz pierwszy zdefiniowane przez J. McCarthy’ego w 1955 r., a na początku XXI w. wyniki badań w obszarze sztucznej inteligencji znalazły powszechne zastosowanie w systemach doradczych tworzonych na potrzeby medycyny czy zarządzania finansami, w urządzeniach automatyki przemysłowej, a także w algorytmach gier komputerowych. Obecnie przyjmuje się, że sztuczna inteligencja to dział informatyki zajmujący się tworzeniem algorytmów i konstruowaniem maszyn, których działania mają znamiona inteligencji. Rozumie się przez to umiejętność samorzutnego przystosowania do zmieniających się warunków, podejmowania decyzji, uczenia się, abstrakcyjnego rozumowania itp. Przedmiotem badań w obszarze

sztucznej inteligencji jest określanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami ludzkimi oraz przenoszenie ich do algorytmów i programów komputerowych, które potrafią te zasady wykorzystywać.

**Automatyzacja** stanowi kolejny etap po mechanizacji. Proces mechanizacji polega na zastępowaniu pracy ludzkich mięśni pracą maszyn i urządzeń wytwórczych celem ułatwienia pracy człowiekowi, zwiększenia wydajności czy obniżenia kosztów wytwarzania. Jednak bezpośredni udział człowieka przy wytworzeniu produktu finalnego wciąż pozostaje tu niezbędny. Z kolei automatyzacja polega na znacznym ograniczeniu lub zastąpieniu fizycznej i umysłowej pracy ludzkiej przez pracę maszyn funkcjonujących na zasadzie samoregulacji i wykonujących konkretne czynności bez udziału człowieka. Pojęcie to obejmuje również zastosowanie maszyn w przypadku zadań niemożliwych do wykonania w inny sposób.

Kolejnym zagadnieniem z zakresu przemysłu 4.0 jest analityka **dużych zbiorów danych** (ang. *big data*). Terminem tym określa się dane lub zbiór danych o tak dużych rozmiarach i takim stopniu złożoności, że tradycyjne aplikacje służące do przetwarzania danych okazują się niewystarczające do przeprowadzenia ich analizy. W praktyce *big data* jest pojęciem względnym, ponieważ biorąc pod uwagę rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych, inne rozmiary i problemy złożoności występowały w dużych zbiorach danych 20 lat temu, inne 10 lat temu, a jeszcze inne obecnie. Obecnie obserwuje się, że zastosowanie analizy *big data* w procesach biznesowych stale rośnie. Z badań „2015 State of Analytics” wynika, że do 2020 r. odsetek analizowanych zasobów danych wzrośnie do 83%. Według tych samych badań wśród przedsiębiorstw o najlepszych wynikach 76% potwierdza, że ich firma korzysta z narzędzi analitycznych celem pozyskania strategicznej wiedzy z *big data* (Racka, 2016).

Ostatnią analizowaną w poniższej pracy technologią jest **model chmury obliczeniowej** (ang. *cloud computing*). Zgodnie z definicją NIST (National Institute of Standards and Technology) chmura obliczeniowa to model umożliwiający powszechny, udzielany na żądanie wygodny dostęp za pośrednictwem sieci do wspólnej puli zasobów przetwarzania danych możliwych do skonfigurowania (np. sieci, serwerów, aplikacji, usług i przechowywanych zasobów), które można w krótkim czasie dostarczyć i uwolnić przy minimalnym wysiłku ze strony usługodawcy w postaci zarządzania lub działania. Rozwiązanie to stwarza możliwość uzupełnienia, a nawet zastąpienia wewnętrznych rozwiązań informatycznych odbiorcy pakietem usług IT wyspecjalizowanych dostawców. W rezultacie przedsiębiorstwa mogą uniknąć konieczności przeznaczania nakładów na budowanie i rozwój własnej infrastruktury informatycznej.

## 2. PRZYKŁADY PRAKTYCZNYCH ZASTOSOWAŃ CYFROWYCH TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 W LOGISTYCE

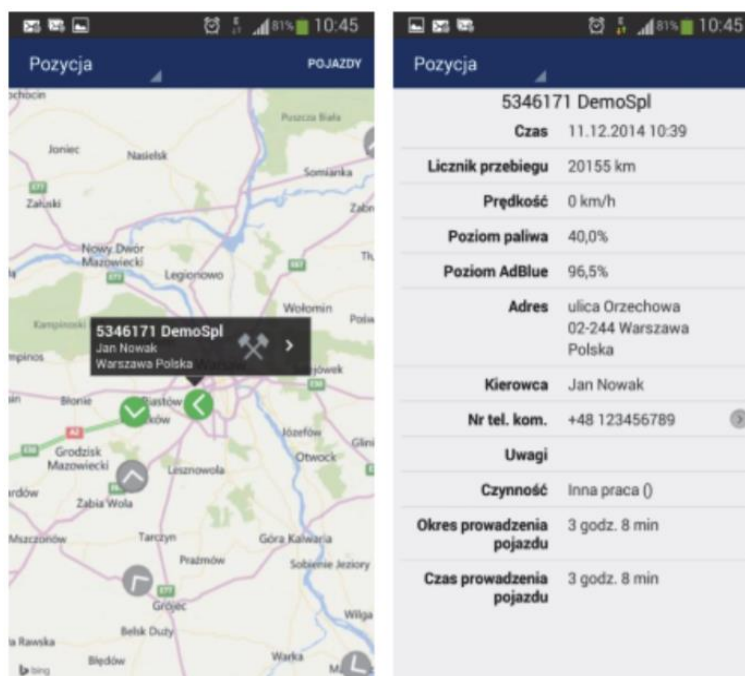
### 2.1. Internet rzeczy

Internet rzeczy znajduje zastosowania w wielu obszarach logistyki. Jednym z nich jest zarządzanie ruchem i flotą transportową. W tym przypadku główną rolę odgrywają systemy telematyczne. Fundamentem ich funkcjonowania jest umiejętne wykorzystanie technologii GPS, GSM, BLE czy Wi-Fi. Oparte na nich rozwiązania oferują możliwość poprawy zarówno efektywności, jak i bezpieczeństwa transportu drogowego.

Przykładem takiego systemu jest Scania Fleet Management. Oferuje on pakiet usług zapewniających łączność floty z biurem, przeznaczony dla pojazdów marki Scania. System umożliwia stały dostęp do danych na temat pojazdów, ich lokalizacji czy stylu jazdy kierowców. Jednostka Scania Communicator odczytuje oraz gromadzi dane o pojazdach i kierowcach, które następnie można przeglądać i analizować z wykorzystaniem portalu Scania Fleet Management lub aplikacji mobilnej na smartfonie (rys. 1). System generuje też tygodniowe, miesięczne i roczne raporty, zawierające podstawowe informacje, najważniejsze wskaźniki efektywności (takie jak np. zużycie paliwa lub emisja CO<sub>2</sub>) czy wahania wydajności. Dane te mogą stanowić podstawę do szacowania kosztów projektów logistycznych. Ponadto poprawa ekonomiki paliwowej przyczynia się do zmniejszenia stopnia oddziaływania na środowisko naturalne. Dodatkowo wszelkie zdarzenia są rejestrowane i przedstawiane w postaci tabelarycznej, graficznej, lokalizacji na mapie, czy też wydruku. Wszystkie te funkcje umożliwiają zgromadzenie i przeanalizowanie danych na temat efektywności i skuteczności zarządzania ruchem i flotą transportową w danej firmie, a co za tym idzie, redukcję kosztów eksploatacji pojazdów, wykrycie potencjalnych problemów oraz efektywniejsze planowanie kolejnych tras.

Kolejnym przykładowym obszarem logistyki, w którym Internet rzeczy znajduje szerokie zastosowanie, jest logistyka magazynowania, w przypadku której technologia ta wspomaga takie procesy, jak:

- ochrona mienia – instalacje alarmowe oraz CCTV (monitoring wizyjny) wykorzystywane są w celu zapobiegania kradzieżom oraz ochrony przechowywanych zapasów i wyposażenia przed zniszczeniem; zgromadzone w systemach dane ułatwiają identyfikację obszarów wymagających szczególnej uwagi, a następnie wzmocnienie ich zabezpieczenia;
- bezpieczeństwo pracowników – czujniki zamontowane w środkach transportu wewnętrznego umożliwiają monitorowanie ich stanu technicznego, a co za tym idzie, zapobieganie wypadkom podczas pracy;



Rys. 1. Aplikacja mobilna Scania Fleet Management (Scania)

- kontrola i optymalizacja – Internet rzeczy daje możliwość całościowego spojrzenia na działanie magazynu, począwszy od panującej wewnątrz temperatury, poprzez stan asortymentu i pracę urządzeń. Na podstawie tych danych przedsiębiorstwo może analizować zachodzące procesy jako spójną całość oraz dokonywać stosownych poprawek. Systemy typu RTLS (systemy lokalizacji czasu rzeczywistego), oparte na radiowej technologii impulsów szerokopasmowych (UWB) umożliwiają lokalizację, identyfikację i nadzór obiektów w czasie rzeczywistym z dokładnością do 30 centymetrów.

Internet rzeczy znajduje również zastosowanie w zakresie zarządzania łańcuchem dostaw. Na przykład w przypadku śledzenia przesyłek standardowo proces ten wymaga pracy osób, które skanują kod kreskowy jednostki ładunkowej na co najmniej jednym z etapów dostawy. Obecnie coraz częściej stosowane są tagi RFID połączone z chmurą danych, dzięki którym jedyną czynnością wykonywaną przez pracowników jest załadunek towaru. Również jeśli chodzi o przebieg dostawy, zastosowanie technologii GPS oraz RFID pozwala na zminimalizowanie ryzyka opóźnień w transporcie, wynikających z niekorzystnych warunków pogodowych lub złego stanu dróg. Kierowcy są na bieżąco informowani o przewidywanych utrudnieniach, co daje im możliwość podjęcia działań zapobiegających prze-

dłużeniu dostaw. Ponadto sieć czujników zamontowanych w samochodach ciężarowych monitoruje ich parametry techniczne, takie jak stabilność ładunku czy ciśnienie w oponach.

## 2.2. Sztuczna inteligencja

Systemy uczące się, zdolne do zdobywania informacji, a następnie podejmowania na ich podstawie decyzji, a nawet czynności, mogą usprawnić funkcjonowanie wielu branż, w tym także logistyki. Przykładem zastosowania rozwiązań sztucznej inteligencji w obszarze logistyki magazynowania jest system Astro WMS® oferowany przez firmę Consafe Logistics. Obsługuje on tzw. multicykle, które umożliwiają wykonywanie serii zadań różnego typu, takich jak kompletowanie, zasilanie obszaru kompletowania, przesunięcie towaru czy wydanie. System jest oparty na priorytetach dla poszczególnych rodzajów czynności z jednoczesnym unikaniem pustych przebiegów. Ponadto, znając rzeczywiste, historyczne czasy wykonywania poszczególnych poleceń przez wózki, ustala on kolejność zadań do wykonania przez operatora oraz optymalizuje lokalizacje, z których towary będą pobierane. W ten sposób łączny czas wykonania wszystkich operacji zostaje zminimalizowany.

Inną oznaką coraz powszechniejszego wykorzystania mechanizmów sztucznej inteligencji w logistyce są czatboty. Przykładem jest rozwiązanie wprowadzone przez Port Lotniczy Gdańsk w postaci telefonicznego asystenta głosowego. Wykorzystano tu technologię NLP (*natural language processing*, przetwarzanie języka naturalnego). Bot jest zintegrowany ze stroną internetową lotniska na zasadzie web scrapingu tablicy odlotów. W pierwszej kolejności użytkownicy przechodzą przez proces autoryzacji (logowania). Następnie mogą uzyskać od bota informacje o lotach aktualnie dostępnych na tablicy przylotów i odlotów, poznać przewoźników obsługujących dany lot, otrzymać numery telefonów do różnych instytucji urzędujących na lotnisku, uzyskać odpowiedzi na pytania związane z bagażem lub informacje o adresie lotniska oraz dostępnych w jego okolicy środkach transportu. Warto zaznaczyć, że system cechuje się zdolnością do analizy sentymentu, czyli wykrywania nastawienia emocjonalnego rozmówcy oraz do utrzymywania kontekstu rozmowy (historia konwersacji wpływa na kolejne odpowiedzi).

Kolejnym obszarem zastosowania sztucznej inteligencji w logistyce są systemy planowania w łańcuchu dostaw (*supply chain planning* – SCP) wspomagane przez uczenie maszynowe. Celem uczenia maszynowego jest tworzenie automatycznych systemów zdolnych do doskonalenia się z wykorzystaniem zgromadzonego doświadczenia (czyli danych) i do nabywania na tej podstawie nowej wiedzy. Systemy samouczące się umożliwiają precyzyjniejsze prognozowanie popytu czy terminów dostaw. Posługują się one danymi historycznymi dotyczącymi czasu przygotowania produkcji oraz niezawodności dostawców usług logistycznych. Informacje te mogą być kojarzone również z danymi spoza firmy, np. odnoszącymi się do

pogody. Uczenie maszynowe pozwala również na ustalenie w czasie rzeczywistym dostępności produktów z uwzględnieniem wpływających zapytań oraz zamówień od klientów. Daje to możliwość skutecznego negocjowania z klientem, natychmiastowego poinformowania go o terminie dostępności produktu lub zaproponowania mu zamiennika.

W obszarze transportu rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji również znajdują zastosowania. Przykładem są autonomiczne samochody ciężarowe samodzielnie kontrolujące swoją pracę oraz reagujące na warunki zewnętrzne, a nawet tworzące zintegrowane konwoje (*truck platooning*). Obecnie stale przeprowadzane są testy takich pojazdów. Już w połowie 2016 r. ciężarówki bez kontroli kierowców pokonały trasę do Rotterdamu z kilku miejsc w Europie. W samochodach obecny był człowiek, ale miał on za zadanie włączenie się do obsługi jedynie w przypadku sytuacji awaryjnej. Seryjna produkcja będzie jednak możliwa najwcześniej za kilka lub kilkanaście lat.

### 2.3. Automatyzacja procesów logistycznych

Współcześnie automatyzacja procesów produkcyjnych, magazynowych, czy też inwentaryzacyjnych staje się konieczna, jeśli tylko liczba i skala wykonywanych operacji uzasadnia ekonomikę inwestycji, lub gdy brak automatyzacji zagraża przekroczeniem dopuszczalnego ze względów biznesowych poziomu błędów i ryzyka. Wskutek tego w nowoczesnych przedsiębiorstwach automatyzacja staje się standardem w coraz liczniejszych procesach logistycznych. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest rosnąca presja na obniżanie cen produktów i usług, a wobec tego na jednostkowe koszty logistyczne.



Rys. 2. Mobilny robot do kompletowania zamówień w magazynie (IAM Robotics)

Jednym z przykładów zastosowania rozwiązań z zakresu automatyzacji w procesach magazynowych są mobilne roboty poruszające się między regałami w magazynie i pobierające towar, tak jak robi to pracownik. Takie rozwiązania oferuje m.in. firma IAM Robotics z USA. Opracowała ona robota wyposażonego w ramię do chwytania, skaner 3D i system kamer umożliwiających nawigację po magazynie, a także dodatkowo w oprogramowanie, które może zostać w łatwy sposób zintegrowane z wewnętrznym systemem WMS. Umożliwia to nadzór nad pracą robota, przekazywanie mu zleceń, a także generowanie wskaźników produktywności. System został przetestowany w magazynie farmaceutyków w Nowym Jorku. Robot pobrał 40 jednostek towaru, z którym nigdy wcześniej nie miał do czynienia, czym dowiódł swojej skuteczności (IAM Robotics).

Automatyzację magazynów wspomagają też rozwiązania satelitarne, np. AutoSAT czy AutoMAG, wykorzystywane głównie w przypadku masowego składowania towarów, np. spożywczych (również w chłodniach i mroźniach). System składowania stanowi blok regałowy z kanałami o pojemności do kilkudziesięciu palet. Z reguły w pojedynczym kanale składowany jest jednorodny asortyment towaru. Transport jednostek wewnątrz kanałów umożliwiają sterowane radiowo satelity. Automatyczny załadunek palet oraz przemieszczanie satelity pomiędzy kanałami odbywa się z użyciem wind oraz transporterów przemieszczających się na każdym poziomie składowania wzdłuż czoła regału. Podstawowe funkcje tego typu rozwiązań to: liczenie palet, ciągły załadunek i rozładunek oraz programowanie odległości pomiędzy paletami w kanale. Dzięki ich zastosowaniu można zwiększyć powierzchnię składową magazynu o ok. 30% w porównaniu z regałami wjezdowymi oraz do 80% w porównaniu z konwencjonalnymi regałami rzędownymi.

Jeśli chodzi o automatyzację produkcji, przykładem przedsiębiorstwa oferującego takie rozwiązania na polskim rynku jest firma ASTOR. Dostarcza ona m.in. zrobotyzowane stanowiska do paletyzacji i zrobotyzowane linie produkcyjne. Zrobotyzowane stanowiska paletyzacji umożliwiają osiągnięcie większej precyzji przy tworzeniu paletowych jednostek ładunkowych oraz odciążają pracowników od ciężkiej i monotonnej pracy. Dzięki ich zastosowaniu proces pakowania i paletyzacji może nadzorować tylko jeden pracownik. Po wdrożeniu takiego rozwiązania u jednego z producentów mrożonych warzyw i owoców wydajność paletyzacji zwiększyła się o 30% (Dobrzański, 2016).

## 2.4. Analityka *big data*

Przedsiębiorstwa branży TSL coraz częściej doceniają możliwości optymalizacyjne, jakie stwarza analiza dużych zbiorów danych. Przykładem jest firma UPS, która korzysta z rozwiązania analitycznego ORION (*On-Road Integrated Optimization and Navigation*). Każdego dnia roboczego kierowcy UPS realizują średnio 100 dostaw. Liczba możliwych kombinacji tras dla danego kierowcy jest nieogran-



niczona. Zadaniem systemu ORION jest zaplanowanie w ciągu kilku sekund trasy jak najkorzystniejszej pod względem przebytego dystansu, zużycia paliwa oraz czasu. Wykorzystuje on rozwiązania telematyczne oraz zaawansowane algorytmy w celu gromadzenia i przetwarzania ogromnych ilości danych. System jest oparty na wykorzystaniu danych z map *online*, przygotowanych na zamówienie UPS. Według danych firmy ORION pozwala zredukować długość przebytych tras o ok. 100 mln mil rocznie, co oznacza oszczędność ok 38 mln litrów paliwa, redukcję emisji CO<sub>2</sub> o 100 tys. m<sup>2</sup>, a kosztów przedsiębiorstwa od 300 do 400 mln dolarów. System przynosi również bezpośrednie korzyści dla klienta, umożliwiając mu dostęp do informacji o przesyłkach, zmianę miejsca dostawy czy dostosowywanie jej terminu do swoich potrzeb.

Kolejnym przykładem podmiotu, który wykorzystuje rozwiązania z zakresu *big data* w obszarze logistyki, jest start-up Everoad. Jego zespół badawczo-rozwojowy stworzył narzędzie, którego zadaniem jest wsparcie zadań związanych z przewidywaniem ryzyka i zarządzaniem nim w działach spedycji. Rolą systemu jest ułatwienie określania priorytetów w codziennych zadaniach oraz poprawa relacji z klientami. Korzysta on z danych zebranych w trakcie transportów wykonanych przez Everoad od chwili powstania firmy w 2016 r. Na ich podstawie algorytm identyfikuje czynniki ryzyka związane z realizacją planów transportowych, zarówno po stronie nadawców, jak i przewoźników. Następnie ustalane jest prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych zagrożeń podczas dostaw. Samouczący się algorytm umożliwia uzyskiwanie każdego dnia listy zagrożeń transportowych sklasyfikowanych od najbardziej do najmniej ryzykownych. Narzędzie zostało przetestowane w okresie trzech miesięcy na zleceniach zamieszczonych na platformie cyfrowej Everoad. Z jego wykorzystaniem przewidziano przeszło 70% incydentów transportowych, jednocześnie zmniejszając ich liczbę o 50%. Obecnie (marzec 2019 r.) opracowywane są nowe funkcje, wśród których ma się znaleźć automatyzacja powiadomień, przewidywanie ryzyka w czasie rzeczywistym oraz uwzględnienie większej liczby parametrów, np. warunków pogodowych, ruchu drogowego czy sezonowości.

Innym przykładem zastosowania analityki *big data* są działania sztokholmskiego operatora metra, testującego system, który będzie przewidywać opóźnienia pociągów oraz analizować na podstawie dostępnych danych bieżące lokalizacje pociągów, czas ich postojów, czas wsiadania pasażerów itp. Zaprogramowany model ma tworzyć na podstawie skomplikowanych algorytmów podgląd odjazdów metra na ok. dwie godziny naprzód, przewidywać opóźnienia, a także ich skutki dla całej infrastruktury.

## 2.5. Chmura obliczeniowa

Globalne firmy logistyczne dostrzegają możliwość poprawy jakości funkcjonowania oraz podwyższenia poziomu konkurencyjności i elastyczności w zakresie zaspokajania potrzeb klientów dzięki wykorzystaniu modelu chmury obliczeniowej. Przykładem jest operator logistyczny CEVA Logistics. Dostawcą usługi w modelu chmury jest dla niego firma IBM. System jest połączeniem technologii stworzonej przez firmę CEVA oraz rozwiązania chmurowego IBM przeznaczonego dla przedsiębiorstw logistycznych. Platforma integruje poszczególnych kontrahentów i daje możliwość automatycznej wymiany danych operacyjnych między procesami, redukcji kosztów operacyjnych, łatwego przeniesienia już istniejących procesów B2B (*business-to-business*) do modelu chmury, szybkiego wdrożenia klienta w odpowiedzi na pojawiające się trendy wzrostowe, czy też dostosowania rozmiaru systemu w przypadku zwiększenia skali działalności przy założonym stałym koszcie.

Z kolei przedsiębiorstwo UPS dokonało reorganizacji procesu dostaw, wprowadzając model *direct-to-store*, który umożliwia ograniczenie, a nawet eliminację zapasów w łańcuchu dostaw. Rozwiązanie to jest oparte na wykorzystaniu modelu chmury. Proces jest skoncentrowany na dystrybucji bezpośredniej z pominięciem centrów logistycznych i centrów dystrybucji. Zamówienia przesyłane są od producenta bezpośrednio do klienta końcowego w skali globalnej. W ten sposób skraca się czas cyklu realizacji zamówienia i obniżane są koszty utrzymania zapasów w całym procesie. Platforma chmurowa umożliwia też bliższą współpracę firmy z dostawcami i spedytorami z całego świata. Pozwala to na uzyskanie oszczędności dzięki konsolidacji przesyłek i optymalizacji gospodarki opakowaniami. Przycho- dzące zamówienia oraz alerty problemów są obsługiwane na bieżąco.

## 3. NASTĘPSTWA WDROŻENIA TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 W LOGISTYCE

### 3.1. Korzyści

Pozostawanie na bieżąco z najnowszymi technologiami stanowi współcześnie podstawę utrzymania przez przedsiębiorstwo silnej pozycji na rynku. Dzieje się tak, ponieważ liczne zalety zastosowania tych technologii umożliwiają wypracowanie przewagi konkurencyjnej. Poniżej wymieniono główne korzyści z wdrożenia technologii opisanych w artykule.

Do najważniejszych możliwości wynikających z wdrożenia rozwiązań z zakresu Internetu rzeczy należą (Macaulay, Buckalew, Chung, 2015):

- monitorowanie stanu zasobów materialnych firmy i statusu przesyłek oraz nadzór nad pracownikami,
- pomiar efektywności wykorzystania zasobów materialnych i ludzkich firmy,
- kontrola pracy zasobów firmy i wpływanie na jej przebieg,
- automatyzacja procesów biznesowych,
- optymalizacja i koordynacja wzajemnej współpracy ludzi, systemów i zasobów materialnych,
- zdobywanie wiedzy na temat obszarów, które można poprawić, oraz stosowanie najlepszych praktyk.



Rys. 2. Korzyści z wdrożenia rozwiązań opartych na technologii Internetu rzeczy.  
Opracowanie własne na podstawie: Macaulay, Buckalew, Chung, 2015

Jeśli chodzi o sztuczną inteligencję, do głównych korzyści płynących z jej zastosowania w obszarze logistyki można zaliczyć (Macaulay, Buckalew, Chung, 2015):

- zwiększenie efektywności procesów logistycznych,
- skrócenie czasu wykonania zadań logistycznych,
- usprawnienie procesu przepływu informacji,
- usprawnienie procesu obsługi klienta,
- możliwość ustalania priorytetów zadań,
- unikanie pustych przebiegów: zarówno w procesach transportu wewnętrznego, jak i zewnętrznego,
- optymalizację sposobu rozmieszczenia towarów w magazynach.

Do zalet wykorzystania automatyzacji w procesach logistycznych należą:

- zwiększenie efektywności procesów logistycznych,
- oszczędności wynikające z optymalizacji procesów logistycznych,
- podwyższenie jakości produktów,
- obniżenie poziomu błędów i ryzyka,
- obniżenie jednostkowych kosztów logistycznych,
- ograniczenie problemów związanych z niedoborem pracowników.

Możliwości wynikające z zastosowania analityki *big data* w logistyce obejmują:

- wyczerpującą ocenę przebiegu procesów logistycznych,
- usprawnienie planowania procesów logistycznych,
- optymalizację procesów logistycznych,
- usprawnienie procesów przewidywania ryzyka i zarządzania nim,
- możliwość określania priorytetów w codziennych zadaniach,
- poprawę relacji z klientami.

Z kolei wykorzystanie chmury obliczeniowej w procesach logistycznych przynosi następujące korzyści (Macaulay, Buckalew, Chung, 2015):

- zwiększenie wydajności procesów logistycznych,
- możliwość uniknięcia konieczności przeznaczania nakładów na budowanie i rozwój własnej infrastruktury informatycznej,
- integrację kontrahentów,
- większy dostęp do nowych rynków,
- skrócenie drogi przepływu informacji,
- redukcję kosztów operacyjnych.

### 3.2. Wady wdrażania koncepcji przemysłu 4.0

Choć rozwiązania z zakresu przemysłu 4.0 przynoszą wiele korzyści, można również dostrzec pewne ich wady. Przede wszystkim ich wdrożenie w większości przypadków wiąże się z dużymi nakładami finansowymi, na co nie każde przedsiębiorstwo, szczególnie małe lub średnie, może się zdecydować. Ponadto ich zastosowanie wiąże się często z koniecznością powierzenia zewnętrznemu podmiotowi cennych zasobów informacyjnych przedsiębiorstwa. Nie ulega również wątpliwości, że wdrożenie tak zaawansowanych technologii wiąże się ze znaczącymi zmianami w organizacji procesów, wymagającymi od kadry menedżerskiej odpowiednich umiejętności zarządzania zmianą oraz ryzykiem.

#### 4. PODSUMOWANIE

Podsumowując powyższe rozważania, należy stwierdzić, że rozwiązania z zakresu przemysłu 4.0 znajdują zastosowania w różnych obszarach logistyki. Możliwości wykorzystania technologii determinujących rozwój czwartej rewolucji przemysłowej są dostrzegalne w wielu sferach działalności logistycznej, m.in. w produkcji, magazynowaniu, transporcie czy zarządzaniu łańcuchem dostaw. Warto zaznaczyć, że poszczególne technologie niejednokrotnie wzajemnie się uzupełniają, co potęguje uzyskiwane korzyści dzięki efektowi synergii. Urządzenia umożliwiające automatyzację procesów działają również z wykorzystaniem rozwiązań Internetu rzeczy, komunikując się z systemami informatycznymi, a systemy oparte na *big data* często są systemami samouczącymi się, powiązаныmi z rozwiązaniami z obszaru sztucznej inteligencji. Odpowiednie ich wdrożenie może być sposobem na uzyskanie przewagi konkurencyjnej, szczególnie gdy firma funkcjonuje w otoczeniu charakteryzującym się nasilonym stopniem rywalizacji. Można również zauważyć, że niektóre z opisanych technologii (np. telematyka czy automatyzacja procesów) stają się już wręcz standardem niezbędnym do utrzymania się przedsiębiorstwa na rynku.

#### LITERATURA

- Acatech. National Academy of Science and Engineering (2013). *Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, 15–16.  
<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> (25.03.2019).
- Dobrzański, P. (2016). Wykorzystanie robotów w procesach logistycznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria „Organizacja i Zarządzanie”*, 99.
- DPDHL (2016). *Robotics in Logistics – a DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*.  
[http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_trendreport\\_robotics.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_trendreport_robotics.pdf) (25.03.2019).
- Dziembek, D. (2018). Cloud Computing – stan obecny i perspektywy rozwoju w Polsce. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 53.  
*Encyklopedia PWN*.  
<https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/mechanizacja;3939160.html> (25.03.2019).
- Gibilisco, S. (1994). *The McGraw-Hill Illustrated Encyclopedia of Robotics & Artificial Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Gupta, A.K. (2007). *Industrial Automation and Robotics*. Laxmi Publications.
- IAM Robotics. <https://www.iamrobotics.com/products/> (25.03.2019).

- i-Scoop: Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0.*  
<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/> (25.03.2019).
- K2 Digital Transformation. Polskie chatboty 2018.*  
[http://upload.smartmobilehouse.pl/Raport-Polskie-chatboty-2018\\_K2-Digital-Transformation.pdf](http://upload.smartmobilehouse.pl/Raport-Polskie-chatboty-2018_K2-Digital-Transformation.pdf) (25.03.2019).
- Kaczmarek, S. *IoT Summit 2016: perspektywy internetu rzeczy i komunikacji M2M w Polsce.*  
<http://it-filolog.pl/iot-summit-2016-perspektywy-internetu-rzeczy-i-komunikacji-m2m-w-polsce/> (08.09.2020).
- Kagermann, H., Dieterlukas, W., Wahlster, W., *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dingen auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution.*  
<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/produktion/industrie-40-mit-internet-dinge-weg-4-industriellen-revolution/> (25.03.2019).
- Kasperski M. (2003). *Sztuczna inteligencja*. Gliwice: Helion.
- Kodiak Rating Community. *6 Applications of Artificial Intelligence for your Supply Chain.*  
<https://medium.com/@KodiakRating/6-applications-of-artificial-intelligence-for-your-supply-chain-b82e1e7400c8> (08.09.2020).
- Logistyczny.com. *Inteligencja na służbie.*  
<http://logistyczny.com/biblioteka/lancuch-dostaw/item/3946-inteligencja-na-sluzbie> (25.03.2019).
- Logistyka a jakość. *Big data w przemyśle transportowym.*  
<http://laj.pl/transport/4491/big-data-w-przemysle-transportowym/> (25.03.2019).
- Logisys. *Automatyzacja procesów.*  
[https://www.logisys.pl/automatyzacja\\_procesow.html](https://www.logisys.pl/automatyzacja_procesow.html) (25.03.2019).
- Korolov, M. *AI in the supply chain: Logistics gets smart.*  
<https://www.cio.com/article/3269513/ai-in-the-supply-chain-logistics-get-smart.html> (08.09.2020).
- Macaulay, J., Buckalew, L., Chung, G. (2015). *Internet of Things in logistics.*  
[https://delivering-tomorrow.com/wp-content/uploads/2015/08/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](https://delivering-tomorrow.com/wp-content/uploads/2015/08/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf) (25.03.2019).
- Mell, P., Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology.*  
<http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf> (25.03.2019).
- Nowik, M. (2018). *Big Data innowacją w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw.* In: *Różne oblicza logistyki. Zbiór prac studentów.* Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Pieriegud, J. (2017). *Transformacja cyfrowa kolei.*  
[http://kolegia.sgh.waw.pl/pl/KZiF/struktura/iitim/instytut/sklad/Documents/Raport\\_Transformacja\\_cyfrowa\\_kolei\\_2017\\_final.pdf](http://kolegia.sgh.waw.pl/pl/KZiF/struktura/iitim/instytut/sklad/Documents/Raport_Transformacja_cyfrowa_kolei_2017_final.pdf) (25.03.2019).
- Racka, K. (2016). Big Data – znaczenie, zastosowania i rozwiązania technologiczne. *Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku. Nauki Ekonomiczne, XXIII.*
- Różanowski, K. (2007). Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia. *Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki, 2.*

Scania. *Zarządzanie flotą.*

<https://www.scania.com/pl/pl/home/products-and-services/connected-services/fleet-management.html> (25.03.2019).

SupplyChain247. *UPS Logistics a Masterpiece of Streamlined Supply Chain Management.*

[http://www.supplychain247.com/article/ups\\_logistics\\_a\\_masterpiece\\_of\\_streamlined\\_supply\\_chain\\_management/cloud](http://www.supplychain247.com/article/ups_logistics_a_masterpiece_of_streamlined_supply_chain_management/cloud) (25.03.2019).

Trans.info. *Automatyzacja w logistyce czyli magazyny bez magazynierów.*

<https://trans.info/pl/automatyzacja-w-logistyce-czyli-magazyny-bez-magazynierow-5963166abc04faae528b459e-20148> (09.09.2020).

UPS. *ORION Backgrounder.*

<https://www.pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=Factsheets&id=1426321616277-282> (25.03.2019).

UPS. *ORION: The algorithm proving that left isn't right.*

<https://www.ups.com/us/en/services/knowledge-center/article.page?kid=aa3710c2> (25.03.2019).

## REVIEW OF INDUSTRY 4.0 SOLUTIONS APPLIED IN LOGISTICS

### Summary

The paper briefly describes the genesis and conception of Industry 4.0. The most important technologies, which drive the development of the fourth industrial revolution, were presented and characterised: Internet of Things, Artificial Intelligence, automation, Big Data and cloud computing. These technologies are a consequence of galloping digitisation. The possibilities of their practical applications in various logistics areas: production, warehousing, transport or supply chain management were featured. Salient advantages of implementation of the mentioned technologies in logistics enterprises, aiding the development of competitive advantage, were indicated. The interrelation between them was highlighted.

**Keywords:** Industry 4.0, the fourth industrial revolution, logistics, digitalization

