

Cyfryzacja i zastosowanie sensorów w transporcie kontenerowym

Aleksandra Filipowicz

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: afilipowicz01@gmail.com

Katarzyna Anna Kuźmicz

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: k.kuzmicz@pb.edu.pl

Karolina Prońcio

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: karolina-proscio@wp.pl

Edyta Rutkowska

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: edyta.rutkowska98@gmail.com

Streszczenie

Cyfryzacja jest jednym z kluczowych wyzwań w transporcie kontenerowym, nabierającym jeszcze większego znaczenia w świetle pandemii Covid-19. Okazała się bowiem kluczowa dla ograniczenia zakłóceń w łańcuchach dostaw i transporcie. Środki ostrożności związane z pandemią, polegające między innymi na ograniczeniu kontaktów osobistych i dokumentacji papierowej okazały się niezbędne dla obecnych i przyszłych działań w sektorze transportu. Zastosowanie czujników i uczynienie transportu kontenerowego inteligentnym to drugi kluczowy trend w transporcie kontenerowym. W niniejszym artykule omówiono literaturę dotyczącą tych dwóch ważnych aspektów technologicznych oraz wskazano kierunki ich zastosowania w transporcie kontenerowym.

Słowa kluczowe

transport kontenerowy, cyfryzacja, dygitalizacja, sensory, automatyzacja

Wstęp

Transport kontenerowy jest jednym z dominujących sposobów przewozu towarów. Wykorzystuje on różne gałęzie transportu, takie jak transport drogowy, morski czy kolejowy, ale bez względu na rodzaj pozwala on na transportowanie dóbr na duże odległości. Dzięki zastosowaniu kontenera możliwe jest zapewnienie bezpieczeństwa dla towaru przed czynnikami zewnętrznymi. Kontenery wykorzystywane są zarówno do transportu ładunków drobnicowych, jak i dóbr o większych gabarytach (meble, samochody lub materiały budowlane).

Większość światowego handlu w transporcie wykorzystuje kontenery, ponieważ ich wymiary oraz inne parametry są zstandardyzowane. Dzięki ich znormalizowanym gabarytom nie ma konieczności przeładowywania ładunków na inne jednostki ładunkowe, co pozwala na wykorzystanie transportu kombinowanego [<https://www.cleverlogistic.pl>, 23.02.2021]. Globalizacja i rozwój światowego handlu, w warunkach normalnego rozwoju niezakłóconego pandemią, wpłynęły na wzrost wolumenu przewozu ładunków w kontenerach. Budowa coraz większych statków kontenerowych (obecnie nawet powyżej 23 000 TEU) niosąca konieczność szybkiego przeładowania coraz większej liczby kontenerów stała się wyzwaniem do zwiększenia wydajności terminali kontenerowych oraz zwiększenia efektywności zarządzania [Kuźmicz, Pesch, 2017, s. 29; 2019, s. 194-195; Pesch, Kuźmicz, 2020; s. 3965]. W konsekwencji rośnie potrzeba dygitalizacji i automatyzacji procesów.

Dygitalizacja określana jest jako „cały proces przeróbki zasobu analogowego na cyfrowy, składający się z przygotowania, formatowania, opisu (zbierania metadanych) i udostępnienia”. Dygitalizacja to zestaw czynności, których rezultatem jest utworzenie cyfrowej kopii istniejącej wersji papierowej, która może być dostępna przez długi czas dla użytkowników [<https://www.pilsudski.org/>, 21.05.2021].

W odróżnieniu od dygitalizacji, która zajmuje się utworzeniem cyfrowej wersji dokumentu, proces cyfryzacji zapewnia do niej dostęp za pośrednictwem Internetu lub innych kanałów [Nahotko, Nahotko, 2009, s. 107]. Dygitalizacja i cyfrowe technologie mogą wpłynąć przede wszystkim na obniżenie kosztów oraz znacznie poprawić efektywność branży. Podstawą dygitalizacji jest informatyzacja procesów wewnętrznych w firmach, automatyzacja obsługi administracyjnej oraz optymalizacja sieci transportowych przy wykorzystaniu rozwiązań do modelowania geograficznego sieci. Dodatkowo wskazuje się w tym aspekcie również platformizację sprzedaży, czyli wykorzystywanie platform cyfrowych zawierających różne usługi do procesu zakupów oraz wpływ cyfrowych gigantów [<https://media.santander.pl>, 23.02.2021]. Pandemia Covid-19 i konieczność zachowania standardów sanitarnych

nych, w tym ograniczenia bezpośrednich kontaktów oraz zredukowania obiegu papierowych dokumentów, dobitnie udowodniły konieczność rozwoju cyfryzacji i dygitalizacji w obszarze transportu.

Kolejnym bardzo istotnym trendem w rozwoju transportu kontenerowego jest zastosowanie sensorów. Są to przyrządy charakteryzujące się dokładnością i precyzją działania, które wykorzystuje się w celu maksymalnego zredukowania błędów ludzkich. Zastępują one wykorzystywane w przeszłości zmysły człowieka, pozwalając na relatywnie obiektywną ocenę cech i właściwości przedmiotów, których dotychczasowa ocena była subiektywna. Powodowało to niejednokrotnie sprzeczność względem stanu faktycznego [Łukasik, Kuśmińska-Fijałkowska, Żurek-Mortka, 2016, s. 684]. Celem artykułu jest wskazanie obszarów zastosowania cyfryzacji, dygitalizacji i sensorów w transporcie kontenerowym jako istotnych aspektów rozwoju tej gałęzi transportu.

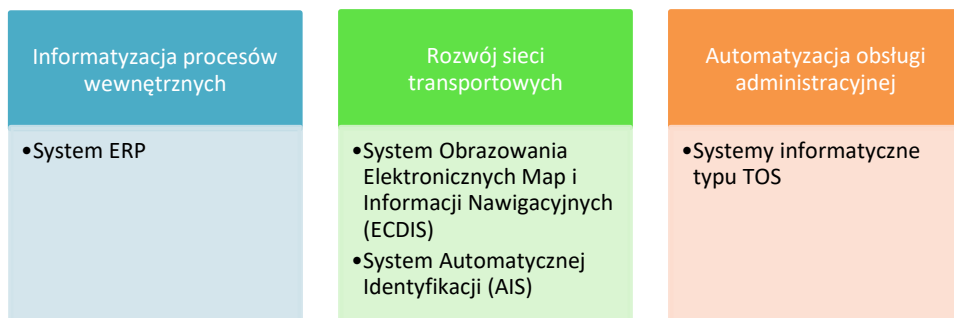
1. Cyfryzacja transportu

Jednym z bardziej istotnych wyzwań i trendów w rozwoju transportu jest cyfryzacja procesów operacyjnych, która pozwala firmom nie tylko na zwiększanie przychodów, ale również na upraszczanie procesów, czy przekształcanie usług i produktów. Można przewidywać, że dygitalizacja zmieni sposób komunikacji między konsumentem a firmą. Proces ten obserwuje się już w tym momencie – przykładowo w zamówieniach składanych przez Internet i za pomocą urządzeń mobilnych [<https://trans.info/pl/czekaja-nas-ogromne-zmiany-na-ryнку-transportu-i-logistyki-digitalizacja-zmieni-oblicze-sektora-120597#>, 23.02.2021].

1.1. Obszary cyfryzacji

Cyfryzacja w transporcie kontenerowym obejmuje trzy podstawowe obszary przedstawione na rysunku 1.

Jednym z obszarów cyfryzacji jest informatyzacja procesów wewnętrznych w przedsiębiorstwach. Świadomość przedsiębiorców w odniesieniu do znaczenia branży IT w ciągu ostatnich lat znacznie wzrosła. Ma ona duży wpływ na rozwój organizacji i generowanie przychodów przedsiębiorstw. Informatyczne rozwiązania obecnie występują już praktycznie w każdej organizacji.



Rys. 1. Obszary cyfryzacji wraz z przykładowymi systemami stosowanymi w transporcie kontenerowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie [<https://businessinsider.com.pl>, 25.03.2021; Kubowicz, 2019, s. 489; Fruth i Teuteberg, 2017, s. 3].

Z powodu gwałtownych zmian rzeczywistości biznesowej, spowodowanej rozwojem nowych technologii, problemem może okazać się integracja firmowych i zewnętrznych systemów. Integracja wewnętrzna nie stanowi większych przeszkód, gdyż związana jest z zintegrowaniem funkcji biznesowych w obrębie wybranego systemu informatycznego, którego centrum stanowi ERP (*Enterprise Resource Planning*, czyli Planowanie Zasobów Przedsiębiorstwa) [<https://www.hbrp.pl>, 04.05.2020].

Dzięki zastosowaniu oprogramowania abas ERP pojawia się możliwość monitorowania znajdujących się w obiegu kontenerów transportowych i zestawiania pozyskanych informacji z raportami od klientów i dostawców. Narzędzia do realizacji wysyłki, dostępne w systemie abas ERP, pozwalają na planowanie wysyłek, zarządzanie opakowaniami, komisjonowanie oraz obsługę odpraw celnych i eksportu. Pozwala to na przyspieszenie kontroli zleceń pod względem ich kompletności i przetwarzania faktur za transport oraz śledzenie znajdujących się w obiegu kontenerów transportowych, aby w konsekwencji terminowo realizować zamówienia do klientów [<https://abas-erp.com>, 25.03.2021].

W celu dostosowania organizacji do zmian, jakie występują na rynku, wymagane jest ciągłe doskonalenie i uczenie się od lepszych w branży, a także spoza branży, jak również zaangażowanie i współpraca wszystkich pionów przedsiębiorstwa [Kuźmicz 2015a, s. 492; 2015b, s. 159; Nazarko i in., 2009, s. 60; 2008; 2007]. Kluczowym okazują się skuteczne systemy do komunikacji wewnętrznej, pozwalające dopasować zmiany obejmujące całe organizacje. System informacyjny według E. Serafin to „uporządkowany układ odpowiednich elementów, charakteryzujących się pewnymi właściwościami i połączonych wzajemnie określonymi relacjami.

W każdej organizacji system informacyjny jest tym czynnikiem, który pozwala na sprawne funkcjonowanie. Można powiedzieć, że system informacyjny tworzą wzajemnie ze sobą powiązane procesy informacyjne” [Serafin, 2013, s. 1350]. Podstawową funkcją tego systemu jest zapewnienie informacji pozwalających na podjęcie i wdrożenie decyzji, które regulują funkcjonowanie firmy.

Następnym aspektem cyfryzacji i dygitalizacji jest automatyzacja obsługi administracyjnej, polegająca na optymalizacji procesów, redukcji obciążeń administracyjnych oraz zwiększeniu przepływu pracy. Jest to główna przyczyna inwestowania w rozwiązania zaawansowane technologicznie. Wykorzystanie w branży transportowej Big Data przyczynia się do uzyskania dużej prędkości przetwarzania danych, co pozwala na osiągnięcie wyżej wymienionych celów. Wszystkie segmenty rynku, w których zachodzi proces przetwarzania informacji, wykorzystują szybki dostęp do potrzebnej informacji. Ma ona istotny wpływ na optymalizację działalności. Dodatkowo dzięki Big Data możliwe jest kompleksowe rozpoznanie potrzeb i oczekiwań konsumentów [<https://www.joc.com>, 25.03.2021].

Automatyzacja obsługi administracyjnej w transporcie kontenerowym ma szczególne znaczenie w terminalowych systemach operacyjnym typu TOS (*Terminal Operating System*), mających na celu wspomaganie zarządzania przepływem ładunków na terminalach kontenerowych. Za podstawowe zadanie systemu TOS uznaje się kontrolę nad obecnym położeniem kontenerów, ich przemieszczaniem oraz ułatwienie czynności w zakresie sterowania kontenerami [Kubowicz, 2019, s. 489].

Postęp w automatyzacji ma na celu zapewnienie przewoźnikom m.in. pomocy w obniżeniu nakładów pieniężnych, łatwiejszego zarządzania przepływem dostaw i logistyką, poszerzenia świadomości konsumentów oraz pomocy w kwestii braku kadry pracowniczej [<https://www.joc.com>, 25.03.2021].

Kolejny aspekt cyfryzacji wiąże się z rozwojem sieci transportowych, który jest podstawowym warunkiem rozwijania się regionów, państw czy współpracy międzynarodowej. Przewozy są dopuszczalne do zrealizowania tylko dzięki istniejącej, spójnej sieci komunikacyjnej. To ona prawidłowo zarządzana i zagospodarowywana może być okazją do rozwoju pozostałych gałęzi gospodarki. Centra logistyczne pozwalają na płynne zarządzanie przewozami oraz dodatkowo czuwają nad poprawnym przepływem towarowym. Sieć komunikacyjna to element infrastruktury logistycznej, bez niej systemy zarządzania nie będą w pełni efektywne. Rozwój spójnej sieci transportowej pozwala na wzrost gospodarczy i utworzenie nowych miejsc pracy, a działania wymagają nieustannej współpracy międzynarodowej. Biorąc pod uwagę te założenia, stwierdzono, iż to transport jest fundamentem gospodarki i społeczeństwa.

Doprowadzenie procesów transportowych na jak najwyższy poziom daje możliwość uzyskania funduszy na ulepszenie istniejącej infrastruktury i zainwestowanie w budowę nowej. To w nich znajdują zastosowanie przetestowane wcześniej techniki poprawy wydajności. Dzięki temu zostanie zlikwidowane tworzenie się zatorów transportowych albo komunikacyjnych i pozwoli to na podwyższenie jakości zastosowanych wcześniej standardów. Biorąc pod uwagę wyposażenie rozproszonych struktur transportowych w systemy sterujące, będzie możliwe wygenerowanie zysków, które będą z czasem rosnąć, dając możliwości rozwoju [Szafranko, 2015, s. 5807-5808]. Przykładem wykorzystania systemu sterującego w transporcie kontenerowym jest System Obrazowania Elektronicznych Map i Informacji Nawigacyjnych (ECDIS), który jest rozwinięciem map nawigacyjnych stosowanych na okrętach. Umożliwia on bezpieczną nawigację, ogranicza pracę nawigatora poprzez automatyczne planowanie trasy oraz jej monitorowanie [<https://www.marineinsight.com/marine-navigation/what-is-electronic-chart-display-and-information-system-ecdis>, 25.03.2021]. Innym usprawnieniem jest stosowany System Automatycznej Identyfikacji (AIS), którego podstawowym zadaniem jest poprawa bezpieczeństwa na akwenach wodnych poprzez monitorowanie ruchu wszystkich jednostek pływających [<http://www.sp2zie.pl>, 25.03.2021].

1.2. Platformizacja sprzedaży

Platformizacja sprzedaży, która jest częścią cyfryzacji i dygitalizacji, polega na automatyzacji procesów zakupu oraz wykorzystania platform cyfrowych skupiających różne usługi. Platformy online poddają cyfryzacji i dygitalizacji procesy oraz wykorzystują zachowania i dane o użytkownikach do nieustannej poprawy swojego działania. Adresują one różne potrzeby konsumentów oraz biznesu poprzez przeniesienie całych procesów, takich jak na przykład poszukiwanie pracy lub sprzedaż oferowanych towarów i usług w tryb online.

Platformizacja może przejawiać się w formie tak zwanych marketplace, które mogą być postrzegane jako targowiska, czyli popularne serwisy sprzedażowe. W transporcie kontenerowym pod tym pojęciem kryją się giełdy transportowe, czyli wirtualny rynek wymiany informacji w postaci ogłoszeń transportowych. Ogłoszenia z giełdy transportowej pozwalają na wypełnienie przestrzeni ładunkowej towarami od potencjalnych klientów. Pozwala to na zmniejszenie kosztów transportu, co powoduje wzrost konkurencyjności wśród przewoźników [<https://firmyspedycja.pl>, 18.04.2021].

Drugim aspektem platformizacji są sieci, czyli narzędzia, które umożliwiają połączenie różnych grup ludzi lub systemów urządzeń, dodatkowo pozwalając na prowadzenie tam biznesu. Ekosystemy tworzą również rodzaj platformy – dynamiczny układ łączący niezależne jednostki z różnego typu relacjami. Przykładem może być powiązanie klientów końcowych, dostawców, partnerów, programistów, źródła danych oraz producentów. Każda z tych składowych wzmacnia oraz pozwala rozwijać swój obszar i cały układ. [<https://fashionbusiness.pl>, 23.02.2021].

1.3. Wybrane przykłady cyfryzacji i digitalizacji w transporcie

Cyfryzacja z dnia na dzień dynamicznie się rozwija, istotne jest jednak utrzymanie elastyczności w reagowaniu na zagrożenia i wykorzystywaniu pojawiających się szans. Do ich rozpoznania wykorzystywana jest zaawansowana analityka. Zautomatyzowane systemy umożliwiające kontakt z konsumentami pozyskują od nich informacje oraz opinie o wykonywanych produktach czy usługach. Każda próba kontaktu wykorzystywana jest do angażowania nabywców w poprawę oferty, sporządzanie innowacyjnych pomysłów, analizę potrzeb i problemów, co ułatwia dostosowanie ofert do potrzeb rynkowych [<https://www.hbrp.pl>, 11.05.2020].

W transporcie cyfrowe technologie obejmują między innymi wykorzystanie technologii RFID, która ma na celu zautomatyzowanie wprowadzania danych do systemów informatycznych. Odbywa się to przy użyciu etykiet, które są umiejscowione na kontenerach oraz czytników umieszczonych na bramach [<https://intermodalnews.pl>, 21.04.2021]. Czytnik RFID to urządzenie, które wykrywa fale radiowe, a następnie odczytuje dane i dokonuje ich interpretacji. Umożliwia to przesyłanie otrzymanych danych do systemu informatycznego [Neumann, 2017, s. 45-46].

Inną technologią wykorzystywaną w terminalach kontenerowych są systemy OCR (*optical character recognition*, czyli optyczne rozpoznawanie znaków). W tym przypadku identyfikacja opiera się na fotografowaniu bocznej ściany kontenera, przy użyciu specjalnego programu, który ma za zadanie rozpoznać pismo z otrzymanej fotografii. Obraz ten następnie podlega konwersji na ciąg odpowiadających mu znaków. Wymaga to umiejscowienia czytników obrazu na bramach wjazdowych na terminal w wyznaczonych miejscach na powierzchni kontenerów [Kwaśniowski i Zajac, 2009, s. 112].

Technologia ta wykorzystywana jest między innymi przez terminal kontenerowy DCT Gdańsk. Pozwala ona na odczytywanie numerów kontenerów i tablic rejestracyjnych pojazdów. Efektem jest możliwość zaoszczędzenia czasu poprzez wyeliminowanie części dokumentów, które do tej pory były wypełniane ręcznie [<https://intermodalnews.pl>, 21.04.2021].

2. Sensory

Sensory umożliwiają wykrywanie w bezdotykowy sposób obecności obiektów, ich ruchu, miejsca położenia, cech czy koloru. Ich zastosowanie w połączeniu z mnogością technologii oraz dostępnych odmian czujników doprowadza do tego, że zarówno produkcja, jak i dystrybucja głównych elementów jest częścią kluczowych branżowych rynków.

Zróźnicowanie aplikacji wykorzystujących działanie sensorów jest wynikiem oczekiwań pochodzących z branż oraz ofert innych dostawców. Na rynku można zaobserwować wiele rodzajów czujników, które wyróżniają się między innymi zakresem działania, obudową, typem wyjścia. Zastosowanie odpowiedniego czujnika pozwala na utworzenie skutecznego systemu [Łukasik, Kuśmińska-Fijałkowska, Żurek-Mortka, 2016, s. 684].

W automatyce najczęściej spotykane są czujniki zbliżeniowe oraz fotoelektryczne (optyczne). Czujniki zbliżeniowe mają za zadanie wykrywać obiekty, określać ich typowe cechy oraz je zliczać. Umożliwiają one automatyczne i sprawne sterowanie zarządzanie pracą maszyn i systemów produkcyjnych, kontrolowanie poziomu cieczy i stanu materiałów sypkich oraz dodatkowo zapewniają bezpieczeństwo personelowi [Łukasik, Kuśmińska-Fijałkowska, Żurek-Mortka, 2016, s. 684].

Głównymi rodzajami czujników zbliżeniowych są [Łukasik, Kuśmińska-Fijałkowska, Żurek-Mortka, 2016, s. 684]:

- indukcyjne (czujniki krańcowe) – służą one do wykrywania, pozycjonowania metalowych elementów wykonawczych maszyn lub podzespołów oraz informują o przekroczeniu ustalonej pozycji przez badany obiekt;
- magnetyczne (kontaktronowe) – bezkontaktowe wyłączniki, które reagują na pole magnetyczne, a ich działanie spowodowane jest obecnością magnesu stałego w badanym przedmiocie;
- pojemnościowe – ich zadanie polega na wykrywaniu, np. metalu, szkła, wody, tworzyw sztucznych, czy drewna oraz informowanie o zmianie pojemności poprzez materiał, do którego są zbliżane (np. przekroczenie poziomu cieczy);
- ultradźwiękowe – są oparte na pomiarach fali ultradźwiękowej, należy jednak pamiętać, że ich zastosowanie jest ograniczone w sytuacji zagrożonego wybuchem środowiska lub w przypadku zmian ciśnienia.

Czujniki fotoelektryczne mają za zadanie określać obecność, pozycję, cechy przedmiotów oraz ich zliczanie. Wykorzystywane są głównie na liniach technologicznych i w maszynach pakujących. Od czujników zbliżeniowych odróżniają się

znacznie dłuższą żywotnością oraz tym, że można zastosować je w aplikacjach, gdzie niemożliwe jest korzystanie z wersji mechanicznych.

Głównymi rodzajami czujników fotoelektrycznych są między innymi sensory radarowe, laserowe, termiczne, światłowodowe, wizyjne, refleksyjne, czujniki rozpoznające kolory, szczelinowe czy analogowe. Równie często wykorzystywane są do informowania o obecności barier optycznych, które opierają swoją zasadę działania na świetle widzialnym lub niewidzialnym.

Dobór właściwego czujnika należy uzależnić od wybranej uprzednio aplikacji, jak również towarzyszących warunków środowiska pracy. Istotnym faktem jest to, że czujniki fotoelektryczne są zaliczane do zbliżeniowych. Może to być spowodowane podobieństwem pełnionych funkcji, m.in. wykrywanie sygnałów, określanie cech oraz stanu obiektów. Zasadniczą różnicą jest jednak zasada działania, która wykorzystuje transmisję energii, zamiast wykrywania zmian pola [Łukasik, Kuśmińska-Fijałkowska, Żurek-Mortka, 2016, s. 684-685].

3. Cyfryzacja i wykorzystanie sensorów w transporcie kontenerowym

Cyfryzacja już dawno zmieniła świat biznesu w innych branżach, mimo to wiele procesów w wysyłce kontenerów nadal odbywa się w sposób „ręczny”. Codziennie dla klientów, między innymi morskiej żeglugi kontenerowej, jest długi czas oczekiwania na przetworzenie wniosków. Spedytor poświęca średnio 90 godzin w miesiącu, aby uzupełnić wnioski transportowe dotyczące wysyłki ładunków [<https://forto.com>, 27.03.2021].

To właśnie komplikuje porównywanie różnych spedytorów i ich stawek frachtowych. Cena transportu kontenerów oferowanego dla tego samego rodzaju zamówień, według portalu Forto, wzrasta nawet o 35 procent [<https://forto.com>, 27.03.2021]. Sam proces ręcznego pozyskiwania zamówień jest często skomplikowany, a załadunek i dostawy kontenerów stanowią problem dla spedytorów.

Pierwszym problemem może okazać się fakt, że utrudnione jest zapoznanie się z ich ofertami transportu towarów przez potencjalnych klientów. Drugą przeszkodą są procesy kontenerów wysyłkowych, które okazują się nieefektywne i wymagają wysokiej wydajności pracy spedytorów. Przykładem może być potrzeba wymiany kilkunastu wiadomości drogą elektroniczną między klientem a dostawcą, do momentu, kiedy błąd dostawy ładunku zostanie zidentyfikowany i naprawiony. Jest to nie tylko problematyczne dla klienta, ale również powoduje wzrost kosztów transportu towarów oraz minimalizuje marżę spedytorów ze względu na dużą konkuren-

cję w branży przewozów kontenerowych. Wiele procesów, począwszy od etapu zapytania, poprzez transport kontenerów i śledzenie ładunków można w znacznym zakresie zautomatyzować.

Ulepszona łączność cyfrowa i fizyczna pomoże przewoźnikom, portom morskim i dostawcom transportu intermodalnego zsynchronizować procesy z łańcuchami dostaw nadawców. Sztuczna inteligencja ma za zadanie pomóc w analizie rosnącej ilości danych z systemów automatycznej identyfikacji oraz urządzeń śledzących ładunki i kontenery [<https://forto.com>, 27.03.2021].

Transport kontenerowy rozwija się bardzo dynamicznie. Obecnie szacuje się, iż ponad 90% światowego handlu ładunkami drobnicowymi przeprowadza się wykorzystując kontenery, co pomimo wielu zalet tego rodzaju transportu, może również nieść ze sobą pewne zagrożenia. Spowodowane jest to faktem, iż podczas transportu kontenera jego wnętrze jest poza kontrolą [Katulski, Stefański, Sadowski, Ambroziak, 2013, s. 173]. To właśnie stało się podstawą do poruszania wciąż aktualnego problemu, jakim okazuje się monitorowanie ładunków kontenerowych podczas ich transportu, biorąc również pod uwagę te odbywające się szlakami kolejowymi. Opracowana koncepcja globalnego systemu monitorowania transportu kontenerowego okazuje się ważnym rozwiązaniem biorąc pod uwagę wdrażany już europejski system zarządzania ruchem kolejowym European Railway Traffic Management System (ERTMS), który ma na celu utworzenie jednego rynku kolejowych usług transportowych w Unii Europejskiej. Dodatkowo opracowany system spełnia wymagania, które muszą spełnić aplikacje telematyczne dla usług towarowych (również system informowania) oraz ma za zadanie monitoring ładunków i składów w czasie rzeczywistym [Katulski i in., 2013, s. 174]. Ważnym aspektem jest również monitoring GPS, który odbywa się przy wykorzystaniu Hive Sensor. Ten nowoczesny system pozwala kontrolować i weryfikować warunki magazynowania i transportu towarów wrażliwych na takie czynniki jak m.in. temperatura, wilgotność czy nasłonecznienie. Dodatkową zaletą jest nie skupianie się na miejscu transportu czy magazynowania, ale na samej jednostce logistycznej. Z badań wynika jednak, iż około 20% uszkodzeń towarów podczas transportu zostało spowodowane nieprawidłowymi warunkami przechowywania. Różnica temperatury pomiędzy konkretnymi etapami punktów dostaw może wynosić 70 stopni Celsjusza [<http://www.skkhive.com>, 23.02.2021].

Systemy, które są wykorzystywane do zabezpieczenia kontenerów mają niezaprzecalnie wiele zalet. Dzięki zastosowaniu modułów GPS można pozyskać szczegółowe informacje o lokalizacji kontenera w czasie rzeczywistym, zmianie wcześniej wyznaczonej trasy, stanie wypełnienia ładunkiem kontenera, dacie wykona-

nego załadunku i rozładunku, aktualnej temperaturze, wilgotności i oświetleniu wewnątrz kontenera, próbach otwarcia i zamknięcia klapy, drganiach, przewróceniu lub porzuceniu kontenera, czy opuszczeniu wyznaczonego obszaru [<http://gieladadunkow.com>, 24.02.2021]. Wiadomości przekazywane są zwyczajowo w formie raportów, bądź w formie graficznej – tworzone są różnego rodzaju wykresy na podstawie danych, które są pozyskiwane z zamontowanych czujników, albo wyświetlają się interaktywne mapy z zawartą na nich historią zmiany położenia. Użytkownik ma do nich dostęp za pomocą aplikacji mobilnej na urządzeniach przenośnych, albo może sprawdzić to na stronie internetowej [<http://gieladadunkow.com>, 24.02.2021].

Najważniejsze funkcje systemu Hive Sensor obejmują [<http://www.skkhive.com>, 23.02.2021]:

- monitoring poszczególnych warunków składowania;
- śledzenie wielu parametrów;
- obserwacja jakości wyrobów podczas magazynowania;
- weryfikacja jakości produktów przed dopuszczeniem do sprzedaży;
- identyfikacja przyczyn lub osób odpowiedzialnych za straty w towarze;
- lokalizowanie jednostek logistycznych;
- monitoring warunków transportu;
- zarządzanie wszystkimi sensorami podłączonymi do aplikacji;
- bezprzewodowy transfer danych;
- zestawienia kluczowych wskaźników;
- prezentacja danych w formie raportów;
- eksport danych do plików w formacie csv;
- możliwość integracji z systemami nadrzędnymi ERP, WMS (Warehouse management system - magazynowy system informatyczny).

System zdolny jest do wysyłania specjalnych powiadomień o zaistnieniu wcześniej określonych wydarzeń, które bardzo szybko pozwalają zareagować na wszelkiego rodzaju odchylenia od zaplanowanego wzorca. Dodatkową zaletą jest wysłanie przez system raportu nawet w przypadku utraty zasięgu urządzenia. Zostanie to automatycznie zrobione po odzyskaniu łączności. Specjalny system namierzania, który wykorzystuje zabezpieczony moduł radiowy, pozwoli bez opóźnień na zlokalizowanie skradzionej lub zaginionej jednostki, tj. kontenera. System nie przekazuje jedynie chwilowych w danym momencie odczytów, lecz prowadzi długotrwałą ich analizę i prezentuje całość danych, które zgromadził podczas monitoringu [<http://gieladadunkow.com>, 24.02.2021].

Przykładem obrazującym wykorzystanie cyfryzacji w transporcie kontenerowym są automatyczne procesy obsługi kontenerów. Terminale kontenerowe zostają

tak przystosowane, aby móc pracować w systemie automatycznym, bez konieczności ich obsługi przez człowieka. Automatyzacji mogą podlegać działania, takie jak przetransportowanie kontenerów pomiędzy obszarami przeładunku oraz ich składowanie. Do tych celów wykorzystuje się głównie automatycznie sterowane pojazdy AGVs (Automatic Guided Vehicles), automatycznie sterowane pojazdy podnoszące ALVs (Automated Lifting Vehicles) czy automatyczne urządzenia dźwigowe ASCs (Automated Stacking Cranes) [Maczak, 2015, s. 73-74].

Technologia AGV bazuje na wykorzystaniu pojazdów bezzałogowych i jest przeznaczona do przewozu obiektów po wytyczonej drodze. Technologia umożliwia realizację ruchu do punktu docelowego (stacji) po ścieżce przygotowanej z taśmy magnetycznej. Robot dokonuje rozpoznania poszczególnych stacji przy pomocy czujników RFID umiejscowionych wzdłuż trasy. Pojazdy oraz wózki AGV posiadają napęd elektryczny i zasilane są akumulatorami. Występują one w zautomatyzowanych systemach transportowych do przewozu ładunków. Ze względu na dużą pojemność urządzenia AGV mogą służyć do załadunku i rozładunku towarów oraz innych czynności transportowych [Bednarz i Popiel, 2018, s. 9]. Dzięki zastosowaniu wysoko rozwiniętej technologii pojazdy wiedzą, kiedy ich bateria jest prawie wyczerpana. Samodzielnie jadą do stacji wymiany baterii, gdzie specjalnie wyposażony robot dokonuje wymiany baterii [<https://www.portofrotterdam.com>, 21.04.2021].

Korzyściami płynącymi z automatycznych terminali kontenerowych są między innymi [Maczak, 2015, s. 75]:

- ograniczanie wystąpienia ryzyka wynikającego z eliminacji czynnika związanego z udziałem człowieka;
- wyeliminowanie lub znaczne ograniczenie wytwarzanych zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, poprzez wprowadzanie urządzeń wykorzystujących napęd elektryczny;
- efektywniejszy nadzór operacji poprzez stałą wymianę danych między systemami kontroli a innymi urządzeniami;
- redukcja kosztów utrzymania poprzez zmniejszenie liczby zatrudnionych pracowników.

Wprowadzanie automatyzacji w terminalach kontenerowych przy pomocy cyfryzacji wymaga wysokich nakładów finansowych, mających za zadanie pokryć koszty budowy lub przebudowy istniejącego terminalu, oraz zapewnienia odpowiedniego zaplecza informatycznego i technicznego [Maczak, 2015, s. 75].

Rewolucyjnym projektem, który wiele zmienia w transporcie kontenerowym okazują się inteligentne kontenery. Jedynym warunkiem jest tu dostęp do urządzenia połączonego z Internetem oraz z czujnikami, które dostarczałyby informacji zebra-

nych z kontenerów. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość stałego dostępu do danych w dowolnym czasie i niezależnie od miejsca lokalizacji [<https://container-xchange.com>, 21.04.2021]. Dostęp do informacji w czasie rzeczywistym dla uczestników łańcucha dostaw, szczególnie w czasach tak niepewnych jak obecne, jest niezwykle istotny [Szymczak et al. 2018; Ryciuk, 2018].

Inteligentne kontenery udzielają dostępu do istotnych informacji, którymi są między innymi [<https://container-xchange.com>, 21.04.2021]:

- lokalizacja kontenerów;
- zakres zmian temperatury;
- przewidywany ETA (Estimated Time of Arrival – przybliżony czas przybycia);
- wykryte wstrząsy;
- stan otwarcia/zamknięcia drzwi;
- wszelkie nietypowe działania.

Wraz z postępem technologicznym wymaga się coraz bardziej wydajnych sposobów na zwiększenie produktywności oraz zminimalizowania liczby błędów. Do tego celu niezbędne jest wdrażanie innowacyjnych technologii, które pozwolą na płynny przepływ informacji i ujedynoliją procedurę przemieszczania towarów w łańcuchu dostaw. Inteligentne kontenery zapewniają całodobową widoczność i wysyłają powiadomienia o przesyłce. Technologia posiada opcję powiadamiania o nieoczekiwanych zdarzeniach, którymi może okazać się przypadkowe otwarcie drzwi czy wstrząs. Inteligentne kontenery pozwalają na używanie i analizowanie gromadzonych w czasie rzeczywistym informacji o kontentach kontenerach. Umożliwia to wdrożenie przewidywalności łańcucha dostaw i konkretne jego zaplanowanie. W ten sposób usprawnia się podejmowanie decyzji dotyczących dostawców, opakowań, zapasów czy dostaw [<https://container-xchange.com>, 21.04.2021].

W transporcie morskim nowoczesnymi rozwiązaniami stają się statki towarowe bezzałogowe i zdalnie sterowane. Monitorowaniem i sterowaniem zajmuje się operator przebywający na lądzie. Okazuje się to bezpieczniejszym oraz tańszym rozwiązaniem w porównaniu do tradycyjnych statków załogowych [<https://www.portofrotterdam.com>, 21.04.2021]. Projekt statku opracowany przez firmę Rolls-Royce przedstawia kontenery zajmujące całą powierzchnię, bez miejsca dla załogi. Celem jest likwidacja mostka oraz sprzętu, takiego jak kable elektryczne, klimatyzacja, rury wodne i kanalizacyjne. Dzięki temu rozwiązaniu zyskuje się więcej miejsca na załadunek towaru, dokonuje się redukcji ciężaru statku przed załadunkiem o około 5 proc. i zmniejsza się zużycie paliwa o 12 do 15 procent [<https://forsal.pl>, 21.04.2021].

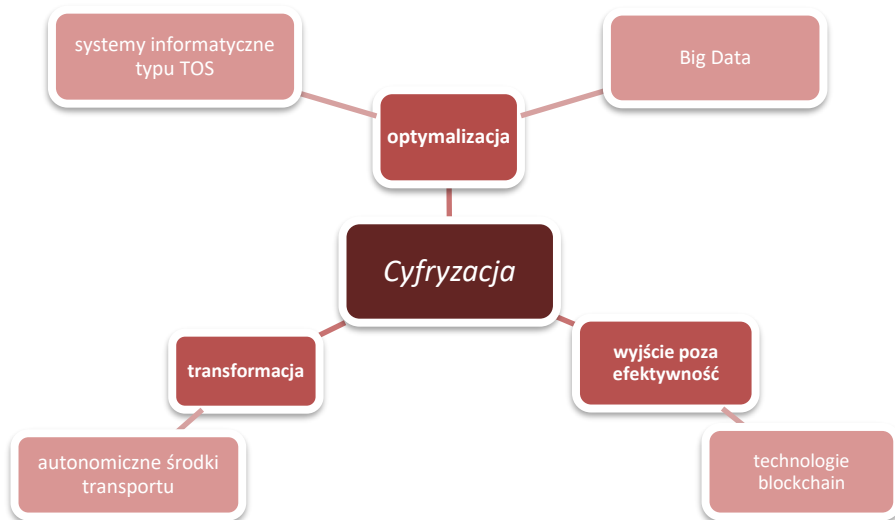
4. Wpływ cyfryzacji na transport kontenerowy

Można wyróżnić trzy aspekty wpływu, jaki ma cyfryzacja na transport kontenerowy [Sirimanne, 2019, s. 1-4]:

1. Optymalizacja – prowadzi do maksymalizacji wydajności i niezawodności istniejących procesów w celu zmniejszenia kosztów handlu. Niektóre operacje logistyczne znacznie ograniczają wydatki na zapasy, większe środki pieniężne przeznaczone są na szybkie oraz skuteczne dostawy na czas. Zautomatyzowanych zostaje coraz więcej procesów nawigacji statków i terminali portowych. Optymalizacja dotyczy także cumowań do portów, prędkości i tras statków, które mogą zmniejszyć emisje dwutlenku węgla i czas oczekiwania. Natomiast spedytorzy i inni interesariusze są wspierani przez członków logistyki morskiej, aby zachęcić ich do wymiany danych oraz współpracy w ramach globalnych łańcuchów dostaw.

2. Wyjście poza efektywność – pozwala na stworzenie możliwości dla nowych usług i firm. Powstawanie ich staje się możliwe dzięki cyfryzacji. W transporcie morskim wyjście poza efektywność obejmuje wykorzystanie technologii blockchain do bunkrowania (dostarczania paliwa do statków), śledzenia ładunku, recyklingu statków i gospodarki odpadami, rekrutacji załogi i alokacji rynku.

3. Transformacja – polega na przekształcaniu modeli logistycznych, handlowych i biznesowych w oparciu o strumienie danych oparte na zmianach w przepływach handlowych. W wyniku optymalizacji i wydajności opartych na technologii łańcuchy dostaw ulegają zmianie na bardziej efektywne, a koszty transportu spadają. Z tego powodu może to sprzyjać dalszemu wzrostowi gospodarczemu, a odległość geograficzna staje się mniej istotna jako czynnik determinujący selekcję handlu. Koszty pracy staną się mniej istotne, podczas gdy innowacje i wydajność handlu zyskają na znaczeniu. Zauważalny będzie wpływ na popyt na usługi portowe i żeglugowe.



Rys. 2. Aspekty cyfryzacji transportu kontenerowego wraz z przykładami ich zastosowania

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Sirimanne, 2019, s. 1-4, Fruth i Teuteberg, 2017, s. 4, <https://www.namiary.pl>, 27.03.2021].

Na rysunku 2 wskazano aspekty cyfryzacji: optymalizację, wyjście poza efektywność i transformację. W każdym z nich podano przykładowe ich zastosowanie w odniesieniu do transportu kontenerowego. W ramach optymalizacji wykorzystuje się systemy informatyczne typu TOS lub używa się Big Data. Pozwala to na zoptymalizowanie sterowania flotą, co wiąże się z ograniczeniem czasu oczekiwania kontenerowców na ich załadunek lub rozładunek, zmniejsza koszty transportowe oraz wpływa na poprawę ochrony środowiska. Wpływa to również na sprawną komunikację pomiędzy innymi statkami zajmującymi się przewozem kontenerów, co w efekcie prowadzi do uniknięcia sytuacji krytycznych pomiędzy nimi oraz sprawniejszego wykonywania manewrów, co minimalizuje ryzyko wypadków [Fruth i Teuteberg, 2017, s. 4].

Nowe możliwości biznesowe pozwalają na wyjście poza efektywność. Obejmują one wykorzystanie technologii blockchain, czyli technologii rozproszonych rejestrów danych. Służą one do ustrukturyzowania, przechowywania i przesyłania informacji biznesowych. Blockchain jest to rozproszona struktura danych – bloków – łączonych w nierozzerwalny łańcuch, w których istnieje możliwość magazynowania zaszyfrowanych informacji. Umożliwia ona elektroniczną edycję i wymianę cyfrowych zapisów transakcji pomiędzy interesantami, umieszczanych jako baza danych

w tzw. chmurze technologicznej, zwaną także pod nazwą chmury obliczeniowej. Przetwarzanie w chmurze wyrażone jest jako model, mający na celu udzielenie dostępu poprzez sieć do zasobów obliczeniowych dostarczanych przez podmioty. W efekcie powstaje łańcuch zdarzeń zachowujący sekwencję, będący publicznym rejestrem informacji, bez możliwości edycji danych. Przyjmuje on formę inteligentnego kontraktu, który może podejmować decyzje w przypadku spełnienia określonych wymagań [Wodnicka, 2019, s. 48].

Inteligentne kontrakty poszerzają perspektywy wdrażania technologii blockchain w transporcie kontenerowym. Zwiększają one bezpieczeństwo podczas współpracy kontrahentów, gdyż nie angażują pośredników i nie pozwalają na zakłamywanie oraz manipulację informacjami zawartymi w blokach, ponieważ każdy kolejny zapis to informacja w nowym bloku. Technologia ta ma również pomóc w eliminacji dokumentacji w formie papierowej, która w wersji klasycznej okazuje się kłopotliwa, a czas jej realizacji ulega wydłużeniu w przypadku, gdy podpisujące je strony dzieli duża odległość. Do prawidłowego funkcjonowania technologii blockchain konieczna jest stała kontrola zwrócona na aktualność przesyłanych cyfrowo danych [Wodnicka, 2019, s. 49-50].

Zmianą w zakresie transformacji cyfrowej może okazać się wprowadzenie autonomicznych środków transportu, czyli pojazdów i statków zdolnych do samodzielnego przemieszczania się. Osiągnięcie tego celu może trwać jeszcze wiele lat, lecz cały czas prowadzone są różne testy z takimi pojazdami [<https://www.namiary.pl>, 27.03.2021].

Podsumowanie

Transport kontenerowy ma znaczny udział w ogólnoświatowym przewozie towarów. Pozwala on na handel pomiędzy miejscami odległymi od siebie nawet o setki i tysiące kilometrów, wykorzystywany jest do dostarczania przykładowo żywności, elektroniki czy mebli.

Cyfryzacja oraz dygitalizacja są odmiennymi pojęciami. Dygitalizacja zajmująca się tworzeniem kopii analogowych dokumentów, jest do pewnego stopnia elementem cyfryzacji, która skupia się na rozwoju baz elektronicznych. Analizując rolę sensorów w rozwoju transportu kontenerowego, należy dojść do wniosku, że mogą być one narzędziami wspomagającymi wyżej wymienione procesy, jednak są one odrębnym zagadnieniem.

Postęp technologiczny obserwowany w innych gałęziach gospodarki sprawia, iż pojawiają się coraz to nowsze rozwiązania również w transporcie. Są nimi między innymi systemy wykorzystywane do monitorowania kontenerów znajdujących się

w obiegu (abas ERP) czy też usprawnienia poprawiające prędkość przetwarzania danych (analityka Big Data). Monitoring kontenerów ma za zadanie zoptymalizować ich wykorzystanie, a także szybsze, bezpieczniejsze i bardziej profesjonalne realizowanie transportów różnego rodzaju towarów. Systemy lokacyjne okazują się pomocne w zakresie oszczędności kosztów i pozwalają na zdobycie przewagi nad konkurencją (zwiększają one zaufanie klientów) [<http://gielda-ladunkow.com>, 23.04.2021].

Pandemia spowodowana przez wirusem SARS-CoV-2, mająca największe skutki gospodarcze w 2020 roku, ukazała jak konieczne jest zwrócenie uwagi na minimalizację udziału człowieka na różnych etapach transportu i wprowadzanie dokumentacji elektronicznej. Jedną z możliwości jest przekaz danych pomiędzy interesantami za pomocą technologii blockchain, która umożliwia ograniczenie ilości dokumentów w postaci papierowej. Pozwala ona na dostęp w dowolnym momencie do wgranych wcześniej informacji oraz dokonywanie transakcji eliminując osoby postronne.

Trudności spowodowane pandemią Covid-19 w transporcie morskim przybliżyły problemy niedoboru ludzi do pracy oraz te związane z zarządzaniem łańcuchem dostaw i utrzymaniem jego ciągłości. Przyszłościowym rozwiązaniem tego problemu mogą być statki bezzałogowe. Są to pojazdy w pełni autonomiczne, niewymagające obecności załogi, dodatkowo są one sterowane zdalnie z lądu. Dzięki eliminacji udziału człowieka, na pokładzie statku można inaczej zagospodarować część przestrzeni. Miejsce, które dotychczas było przeznaczone na zakwaterowanie, czy też magazynowanie wyposażenia potrzebnego na odbycie długich podróży morskich, można by wykorzystać na przewóz większej ilości towarów.

Wyzwaniem, które przedsiębiorstwa planują zrealizować w bliskiej przyszłości, jest stworzenie nowego rodzaju bezzałogowych statków powietrznych (dronów). Dotychczas za ich pomocą realizowany był transport przesyłek o niewielkich wymiarach lub były one wykorzystywane do monitorowania między innymi infrastruktury portowej. Planem jest zastosowanie dronów do transportu kontenerów pomiędzy terminalami, co pozwoliłoby na ominięcie zatorów na drodze lądowej i skrócenie czasu transportu [<https://intermodalnews.pl>, 25.04.2021].

ORCID iD

Katarzyna Anna Kuźmicz: <https://orcid.org/0000-0002-6897-0375>

Literatura

1. ABAS (2020), *Sprawne sterowanie procesami logistycznymi pozwala zaoszczędzić czas i pieniądze. Teoria potwierdzona w praktyce*, <https://abas-erp.com/pl/pl/teoria-potwierdzona-w-praktyce-abas-erp> [25.03.2021].
2. Bednarz P., Popiel J. (2018), *Roboty AGV w intralogistyce – terażniejszość i wyzwania na przyszłość*, *Ekonomika i Organizacja Logistyki* 3 (4), s. 5-15.
3. Benimetskaia C. (2016), *Container shipping sets course for digitalization*, <https://forto.com/en/blog/container-shipping-digitalization/> [27.03.2021].
4. Clever Logistic sp. z o.o., <https://www.cleverlogistic.pl> [23.02.2021].
5. Firmy Spedycja (2019), *Gięda transportowa – wolne ładunki i zlecenia transportów*, <https://firmyspedycja.pl/gielda-transportowa-wolne-ladunki-i-zlecenia-transportow/> [18.04.2021].
6. Forsal (2014), *Bezzalogowe statki Rolls-Royce'a rzucają wyzwanie branży frachtowej*, <https://forsal.pl/artykuly/780743,bezzalogowe-statki-rolls-roycea-rzucaja-wyzwanie-branzy-frachtowej.html> [21.04.2021].
7. Frankowski P. (2021), *Cyfrowa transformacja*, <https://www.namiary.pl/2021/02/03/cyfrowa-transformacja/> [27.03.2021].
8. Fruth M., Teuteberg F. (2017), *Digitization in Maritime Logistics – What is There and What is Missing?*, *Cogent Business & Management*, 4:1, 1411066.
9. Groński R. (2017), *Monitoring przesyłek i kontenerów transportowych*, <http://gielda-ladunkow.com/20/monitoring-przesylek-kontenerow-transportowych/> [24.02.2021].
10. HIVE SKK, *Hive Sensor – inteligentna jednostka logistyczna*, <http://www.skkhive.com/pl/skk-hive-sensor/> [23.02.2021].
11. IntermodalNews (2019), *Drony, pojazdy-baterie i Hyperloop: innowacje terminali w Hamburgu*, <https://intermodalnews.pl/2019/09/20/drony-pojazdy-baterie-i-hyperloop-innowacje-terminali-w-hamburgu/> [25.04.2021].
12. IntermodalNews (2021), *Transport intermodalny potrzebuje przyspieszenia cyfryzacji*, <https://intermodalnews.pl/2021/02/22/transport-intermodalny-potrzebuje-przyspieszenia-cyfryzacji/> [21.04.2021].
13. Józef Piłsudski Institute of America (2013), *Digitalizacja a cyfryzacja*, <https://www.pilsudski.org/pl/novosci/blog/466-digitalizacja-a-cyfryzacja> [21.05.2021].
14. Katulski R. J., Stefański J., Sadowski J., Ambroziak S. J. (2013), *Mobilny system monitorowania kolejowego transportu kontenerowego*, Gdańsk, *Problemy Kolejnictwa – Zeszyt* 152, s. 173-181.
15. Kubowicz D. (2019), *Zarządzanie procesami przepływu ładunków na morskim terminalu kontenerowym z wykorzystaniem systemów informatycznych typu TOS*, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe* 20(1-2), s. 487-492.

16. Kulikowska – Wielgus A. (2021), *Czekają nas ogromne zmiany na rynku transportu i logistyki. Digitalizacja zmieni oblicze sektora*, <https://trans.info/pl/czekaja-nas-ogromne-zmiany-na-rynku-transportu-i-logistyki-digitalizacja-zmieni-oblicze-sektora-120597#> [23.02.2021].
17. Kuzmich K.A., Pesch E. (2019), *Approaches to empty container repositioning problems in the context of Eurasian intermodal transportation*, Omega – the International Journal of Management Science 85, s. 194-213.
18. Kuzmich K.A., Pesch E. (2017), *Prerequisites for the modelling of empty container supply chains*, Engineering Management in Production and Services 9, s. 28-36.
19. Kuźmich, K.A. (2015a), *Benchmarking in omni-channel logistics*, Research in Logistics and Production 5, s. 491-501.
20. Kuźmich, K.A. (2015b), *Benchmarking in university toolbox*, Business, Management and Education 13(1), s. 158-174.
21. Kwaśniewski S., Zajac M. (2009), *Zarządzanie globalnym łańcuchem dostaw ładunków skonteneryzowanych*, Logistics and Transport 8, s. 105-114.
22. Kwiatkowski P., Andrejczuk M. (2020), *Informatyzacja przedsiębiorstw kierunku i trendy*, <https://www.hbrp.pl/a/informatyzacja-przedsiębiorstw-kierunki-i-trendy/DWVGgYhmf> [04.05.2020].
23. Łukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Żurek-Mortka M. (2016), *Możliwości wykorzystania czujników ruchu w transporcie*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe 17(12), s. 684-688.
24. Marine Navigation (2020), *What is Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)?*, <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/what-is-electronic-chart-display-and-information-system-ecdis> [25.03.2021].
25. Matczak M. (2015), *Innowacyjne rozwiązania dla automatyzacji terminali kontenerowych – koncepcja RCMS*, Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego 12, s. 72-80.
26. Morski Klub Łączności "Szkuner" SP2ZIE, *Krótko o technicznych aspektach związanych z AIS*, <http://www.sp2zie.pl/index.php/automatic-identification-system-ais> [25.03.2021].
27. Nahotko M., Nahotko M. (2009), *Stopień cyfryzacji polskich czasopism naukowych*, w: M. Kocój (red.), *Biblioteki i ich klienci : między płatnym a bezpłatnym komunikowaniem się w erze zasobów cyfrowych i sieci = Libraries and their clients : free or fee services supporting social communication in digital era*, ePublikacje Instytutu Informacji Naukowej i Bibliotekoznawstwa 6, Kraków, s. 106–111.
28. Nazarko J. Kuźmich K. A. (2009), *Benchmarking szansą poprawy pozycji konkurencyjnej polskich uczelni*, Nauka i Szkolnictwo Wyższe 2(34), s. 60-72.

29. Nazarko J., Kuźmicz K., Szubzda E., Urban J. (2008), *Ogólna koncepcja benchmarkingu i jego stosowalność w szkolnictwie wyższym*, w: J. Woźnicki (red.), *Benchmarking w systemie szkolnictwa wyższego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
30. Nazarko J., Kuźmicz K., Szubzda E., Urban J. (2007), *Basic benchmarking concepts and conditions for their introduction in the corporate and public sectors* w: J. Woźnicki (red.), *Założenia dotyczące rozwoju systemu informacji zarządczej w szkołach wyższych w Polsce*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
31. Neumann T. (2017), *Koncepcja zastosowania technologii RFID w transporcie drogowym*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni 102, s. 44-60.
32. Pesch E., Kuzmicz K.A. (2020), *Non-approximability of the single crane container transshipment problem*, International Journal of Production Research 58/13, s. 3965-3975.
33. Piątek Z., *Czujniki zbliżeniowe i optyczne*, <https://automatykab2b.pl/raporty/50498-czujniki-zblizeniowe-optyczne-raport-rynek> [23.02.2021].
34. Port of Rotterdam, *The robot is coming*, <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/logistics/cargo/containers/50-years-of-containers/the-robot-is-coming> [21.04.2021].
35. PROMEDIA, *Nadeszła era "platformizacji"*, <https://fashionbusiness.pl/nadeszla-era-platformizacji/> [23.02.2021].
36. Ryciuk U. (2019), *Understanding the Concept of Smart Supply Chain*, w: CLC 2018: Logistics, Distribution, Transport & Management, 8th Carpathian Logistics Congress: Conference Proceedings, Ostrava, TANGER Ltd., s. 56-62.
37. Santander Bank Polska S.A., *Digitalizacja napędzi branżę transportową*, <https://media.santander.pl/pr/481164/digitalizacja-napedzi-branze-transportowa> [23.02.2021].
38. Serafin E. (2013), *Zarządzanie informacją w systemie transportowym*, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe* 3, s. 1349-1354
39. Sirimanne S., *Digitalization in maritime transport: ensuring opportunities for development*, https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/presspb2019d4_en.pdf [24.02.2021]
40. Smoliński M., *Procesy czekają na digitalizację*, <https://www.hbrp.pl/a/procesy-czekajana-digitalizacje/DrnWNmJzA> [11.05.2020].
41. Szafranko E. (2015), *Nowoczesna sieć transportowa jako element infrastruktury logistycznej*, *Logistyka* 3, s. 5807-5811.
42. Szymczak M., Ryciuk U., Leończuk D., Piotrowicz W., Witkowski K., Nazarko J., Jakuszewicz J. (2018), *Key factors for information integration in the supply chain—measurement, technology and information characteristics*, *Journal of Business Economics and Management* 19 (5), s. 759-776.

43. Tirschwell P., *Digitalization in container shipping inevitable, but impact unclear*, https://www.joc.com/maritime-news/container-lines/digitalization-container-shipping-inevitable-impact-unclear_20200417.html [08.05.2020].
44. Wodnicka M. (2019), *Technologie blockchain przyszłością logistyki*, *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie* 41(1), s. 43-54.
45. xChange, *How Smart Containers Make Container Logistics Smart*, <https://container-xchange.com/blog/smart-containers/> [21.04.2021]

Digitalisation and application of sensors in container transport

Abstract

Digitisation is one of the key challenges in container transport, gaining even more importance in the light of the pandemic Covid-19. Digitisation proved to be critical to limit disruptions in the supply chains and transport. The pandemic precautions of limiting personal contact and paper documentation appeared to be indispensable for the current and future operation in the transportation sector. Applying sensors and making container transport smart is a second pivotal trend in container transportation. In this paper the literature of these two important technological aspects has been discussed and directions of their application in container transport have been indicated.

Key words

container transport, digitisation, sensors, automation