

Zastosowanie Internetu Rzeczy w kontekście zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw w branży TSL

Michał Guzowski

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: 88338@student.pb.edu.pl

Wiktor Aneszko

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: 85362@student.pb.edu.pl

Bartosz Giegiel

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: 86476@student.pb.edu.pl

Danuta Szpilko

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: d.szpilko@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2024-0047

Streszczenie

Internet Rzeczy to różnorodne połączone ze sobą urządzenia, które zbierają i przekazują dane przez sieć. W obszarze logistyki, wykorzystywany jest między innymi do optymalizacji przestrzeni magazynowej, zarządzania flotą pojazdów, cyfryzacji przepływu danych, a także usprawnienia obsługi klienta. Implementacja Internetu Rzeczy w działaniach przedsiębiorstw logistycznych prowadzi do zmniejszenia zużycia energii, optymalizacji procesów logistycznych, redukcji negatywnego wpływ branży TSL na środowisko naturalne oraz poprawy jakości oferowanych usług. Celem niniejszego artykułu jest identyfikacja i charakterystyka przykładów wdrożenia Internetu Rzeczy w działalności przedsiębiorstw logistycznych w kontekście ich zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe

Internet Rzeczy, IoT, TSL, zrównoważony rozwój, nowoczesne technologie

Wstęp

Branża TSL zmieniała się znacząco w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, zaś wdrożenie nowoczesnych systemów informatycznych stało się nieodzowne dla wszystkich firm. Analizując trendy technologiczne w logistyce, zauważalny jest wzrost wykorzystania Internetu Rzeczy w celu usprawnienia realizowanych procesów. Technologia ta staje się coraz bardziej popularna i opłacalna [Rusek i Pniewski, 2016, s. 1654].

Internet of Things to pojęcie wprowadzone przez brytyjskiego przedsiębiorcę i założyciela startupów K. Ashtona. W 1999 roku wykorzystał termin jako tytuł prezentacji dla Procter&Gamble [Jagodziński, 2021, s. 16]. Internet Rzeczy stanowi koncepcję systemu informatycznego wykorzystującego internet do jednoznacznej identyfikacji przedmiotów i interakcji z nimi [Wytrębowicz, Radziszewski i Cabaj, 2020, s. 7]. Jest to ekosystem, w którym kluczową rolę odgrywają czujniki, sensory i urządzenia, które mogą się wzajemnie komunikować, często bez udziału człowieka. Internet of Things, stając się siecią dużych zbiorów danych, które gromadzi, przetwarza, analizuje, interpretuje i archiwizuje, ułatwia skuteczną optymalizację aktywności różnych uczestników rynku [Sułkowski i Kaczorowska-Spychalska, 2018, s. 7-8].

Celem artykułu jest identyfikacja i charakterystyka przykładów wdrożenia Internetu Rzeczy w działalności przedsiębiorstw logistycznych w kontekście ich zrównoważonego rozwoju. W opracowaniu przedstawiono ogólny zarys koncepcji IoT i aspektów z nim związanych, ze szczególnym nawiązaniem do zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw z branży TSL. Wskazane zostały korzyści wynikające z zastosowania IoT oraz wyzwania towarzyszące implementacji tej technologii.

1. Internet Rzeczy i jego zastosowanie w logistyce

Internet Rzeczy to szeroka gama różnych, połączonych ze sobą urządzeń, które zbierają i przekazują dane przez sieć z pomocą lub bez pomocy człowieka [O'Shea, 2022, s. 28]. Celem IoT jest rozszerzenie internetu na rzeczywiste obiekty, łącząc inteligentne i wykrywające urządzenia oraz tworząc w ten sposób globalną infrastrukturę sieciową. Dzieje się to poprzez połączenie fizycznych i wirtualnych

przedmiotów Internetu Rzeczy. Do poprawnego funkcjonowania technologii IoT, niezbędne są [Krawiec, 2020, s. 11]:

- wiarygodność danych;
- integracja;
- interoperacyjność;
- prywatność;
- niezawodność;
- bezpieczeństwo;
- użyteczność.

Nieodzownym elementem Internetu Rzeczy jest przede wszystkim rozwój urządzeń wbudowanych, które cechują się małą przepustowością i przechwytywają dane z niezbyt dużą powtarzalnością. Stosowane są także wysokopasmowe przyrządy, które korzystają z danych za pomocą komunikacji. Dane te wyświetlane są na interfejsie użytkownika.

Internet przeszedł już cztery generacje rozwoju, a obecnie IoT jest jego kulminacją. Wśród generacji rozwoju internetu wyróżniono [Krawiec, 2020, s. 12].

- technikę informacyjną (IT) – komputery osobiste, routery, zapory sieciowe itp. – bazujące na łączności przewodowej;
- technikę operacyjną (OT) – maszyny i akcesoria z wbudowanymi IT, takie jak systemy sterowania procesami, w tym procesami produkcyjnymi lub technologicznymi;
- technikę osobistą – tablety, palmtopy, kolektory, używane z wykorzystaniem wielu rodzajów komunikacji bezprzewodowej;
- technikę czujnik-aktywator – urządzenia służące do konkretnego celu stanowiące komponent większych systemów, czyli komunikujące się za pomocą łączności bezprzewodowej.

Ogromna liczba wbudowanych urządzeń jest cechą szczególną czwartej generacji określanej powszechnie jako IoT. Składa się z czterech podstawowych komponentów. Pierwszym są urządzenia, które pozwalają na aktywne gromadzenie i przesyłanie danych pomiarowych. Drugim są sieci komunikacyjne łączące urządzenia (internet), trzecim zaś są systemy informatyczne zdolne do gromadzenia danych. Ostatnim komponentem są rozwiązania przetwarzające dane, pozwalające na uzyskiwanie dodatkowej wartości biznesowej przez wnioskowanie [Krawiec, 2020, s. 12].

Głównymi elementami urządzeń podłączonych do systemu IoT są: czujnik (sensor), aktywator, mikrokontroler, urządzenie nadawczo-odbiorcze oraz sensory RFID [Krawiec, 2020, s. 12].

IoT wprowadził prawdziwą rewolucję w funkcjonowaniu branży logistycznej obejmując przede wszystkim następujące obszary [Laskowska-Rutkowska, 2016, s. 5]:

- zarządzanie flotą pojazdów i ich ruchem;
- monitoring zasobów i energii;
- monitoring produkcji;
- monitoring ludzi, wyposażenia i obiektów (np. centra dystrybucji, składy);
- zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw.

2. Charakterystyka nowoczesnych technologii opartych na Internecie Rzeczy implementowanych w branży TSL

Jedną z technologii wykorzystującą IoT jest identyfikacja radiowa czyli RFID (Radio-Frequency Identification). Wykorzystuje ona fale radiowe do przesyłania danych, co umożliwia szybką i niezawodną identyfikację przedmiotów i osób. Zaletą tego systemu jest to, że w odróżnieniu do kodów kreskowych, identyfikator z zakodowanymi danymi nie musi być umieszczany bezpośrednio przed czytnikiem, wystarczy, że znajduje się w jego zasięgu. Ponadto czytniki mogą identyfikować jednocześnie wiele obiektów, nawet będących w ruchu [Bukowska-Piestrzyńska i in., 2020, s. 91; Szpilko i in., 2023].

Identyfikacja radiowa opiera się na technologii Internetu Rzeczy, dzięki czemu usprawnia przesyłanie danych między sferą fizyczną a cyfrową. Identyfikacja radiowa jest wykorzystywana w wielu obszarach takich jak [Gładysz, Grabia i Santarek, 2017, s. 15, 25]:

- logistyka i usługi pocztowe – znakowanie i automatyczna identyfikacja oraz śledzenie ładunków i pojazdów;
- produkcja – automatyzacja produkcji, identyfikacja wyrobów, znakowanie pomocy warsztatowych (w tym narzędzi, części zamiennych i maszyn);
- transport lotniczy – identyfikacja bagażu podróżnych;
- handel – znakowanie towarów, identyfikacja stanów magazynowych.

Internet Rzeczy wspomaga działanie systemów informatycznych wewnątrz przedsiębiorstw logistycznych. Jednym z takich systemów jest Warehouse Management System (WMS). Jest to system zarządzania magazynem. Są to oddzielne programy instalowane na komputerach, zwykle zintegrowane z ERP (Enterprise Resource Planning), choć mogą funkcjonować samodzielnie. Ich głównym zadaniem jest kontrola lokalizacji towarów [Szmelter-Jarosz, 2020, s. 99]. Taki system jest niezbędny przede wszystkim dostawcom usług logistycznych. Codziennie obsługują w swoich magazynach dużą liczbę zróżnicowanych przesyłek,

pochodzących od wielu nadawców i kierowanych do wielu odbiorców. Odbywa się to za pomocą infrastruktury informatycznej połączonej przez IoT z systemem WMS. Wyróżnić należy następujące urządzenia infrastruktury informatycznej [Woźniakowski i in., 2018, s. 146]:

- komputery stacjonarne;
- drukarki;
- skanery kodów kreskowych;
- systemy do etykietowania.

Dzięki łączności wskazanych urządzeń między sobą, przy pomocy Internetu Rzeczy, możliwe jest zastosowanie systemu WMS. Urządzenia informatyczne pomagają w szybszym odnalezieniu towaru, co skutkuje skróceniem czasu kompletacji zamówień. System WMS umożliwia również prowadzenie kontroli ilościowej przyjmowanego towaru oraz jego ruch w centrach logistycznych. Działania nadzorujące, pozwalają na optymalizację przestrzeni magazynowej i minimalizację błędów natury ludzkiej [Łazicki i in., 2019, s.118, 120-121].

Do stworzenia spójnego i efektywnego łańcucha dostaw pod względem transportu towarów, wykorzystuje się system Transport Management System (TMS). Jest to narzędzie do zarządzania flotą taboru silnikowego. Jest on niezbędny dla osób zajmujących się planowaniem i kontrolą pracy taboru w firmie, natomiast kluczowymi aspektami systemu zarządzania transportem są [Książkiewicz, 2021, s. 67]:

- planowanie tras przejazdu dla poszczególnych środków transportu i odcinków każdej trasy;
- planowanie i kontrola wykorzystania dostępnej powierzchni ładunkowej;
- połączenie i wymiana danych z urządzeniami znajdującymi się w pojazdach, np. rejestratorem GPS;
- lokalizowanie i monitorowanie każdego z pojazdów w czasie rzeczywistym wraz z kontrolą wielu parametrów technicznych związanych z pracą pojazdu;
- komunikacja z kierowcą (komunikatory głosowe i tekstowe).

System ten coraz częściej bazuje na technologii Internetu Rzeczy, czyli wykorzystuje czujniki nadzorujące parametry techniczne pojazdu podczas jego pracy [Książkiewicz, 2021, s. 68], takie jak: czujniki diagnostyczne (czujnik ciśnienia oleju, temperatury silnika, poziomu paliwa), czujniki parkowania (sygnały dźwiękowe, system kamer), czujniki bezpieczeństwa (układ ABS, systemy poduszek powietrznych, system monitorowania martwego pola) [Miller, 2017, s. 189].

Podane elementy wsparcia technicznego środków transportu, pomagają w poprawnym eksploataowaniu pojazdów. Czujniki odbierają dane, które są powiązane ze stanem technicznym pojazdu. Następnie informacje są przekazywane w czasie rzeczywistym do głównego komputera [Miller, 2017, s. 190]. Komputer pokładowy analizuje dane. Następnie system IoT transferuje dane na temat bieżącego stanu technicznego podzespołów dla prowadzącego pojazd. Skutkuje to bezpośrednio w poprawie bezpieczeństwa kierowcy i pośrednio innych uczestników ruchu drogowego.

Przedsiębiorstwa oprócz używania systemów informatycznych używają też innych środków wsparcia technologicznego. Takim wsparciem są roboty mobilne AGV (Automated Guided Vehicles), czyli bezzałogowe pojazdy transportowe, które poruszają się po wyznaczonych trasach [Surma, 2020, s. 222]. Ścieżkę wytycza się przy pomocy taśmy magnetycznej lub z zastosowaniem innej metody nawigacji, zaś stacje i stanowiska są identyfikowane przez pojazd dzięki czujnikom (np. RFID). Poruszają się samodzielnie za pomocą napędu elektrycznego, zasilanego akumulatorowo, podejmując decyzje na podstawie aktualnych danych w czasie rzeczywistym. Należy dodać, że awaria jednego z pojazdów nie wpływa na funkcjonowanie pozostałych [Płaczek i Osieczko, 2020, s. 3-4]. Czujniki podłączone do Internetu Rzeczy monitorują stan techniczny robotów mobilnych oraz ich lokalizacje na bieżąco, co zapobiega kolizji z otoczeniem i zapobieganie awariom. Dodatkowo IoT integruje AGV z systemami WMS, co poprawia koordynację i zarządzanie operacjami logistycznymi [Kurzacz, 2017, s. 35].

3. Charakterystyka przykładów zastosowania Internetu Rzeczy w przedsiębiorstwach logistycznych

Przedsiębiorstwa logistyczne, aby utrzymać konkurencyjność na rynku, muszą cechować się szybką reakcją na zmieniające się otoczenie organizacji oraz wprowadzać nowoczesne rozwiązania usprawniające ich funkcjonowanie.

Jedną z firm logistycznych jest DHL Parcel Polska, która posiada ugruntowaną pozycję na rynku usług pocztowych i logistycznych. Oferuje ona szeroki zakres krajowych i międzynarodowych usług kurierskich, a także rozwiązania w zakresie nadań, monitorowania i doręczania przesyłek [O DHL Parcel, 24.04.2024]. Głównym filarem firmy są kurierzy, którzy dokonują obsługi zleceń. Skuteczne wykonywanie codziennych zadań przez kurierów jest w głównej mierze zależne od technologicznych udogodnień oferowanych przez urządzenia mobilne. DHL Parcel Polska korzysta z dwóch typów urządzeń wspierających procesy kurierskie, które produkowane są przez Motorolę. Umożliwiają one wymianę danych pomiędzy firmą

a kurierem za pomocą sieci Internetu Rzeczy. Są to modele MC95 i TC55. Model MC95 opiera swoją pracę na systemie Windows Mobile, co stanowi pewną barierę w kontekście procesu przepływu i integracji danych z innymi systemami informatycznymi. Model TC55 posiada rozszerzoną funkcjonalność w porównaniu do swojego poprzednika (model MC95). Zawiera funkcje przekształcające konsumencki system operacyjny w system Android klasy korporacyjnej, zapewniając bezpieczeństwo oraz zwiększając wydajność obsługi danych. Dostawcy mają do dyspozycji urządzenia wyposażone w skanery jedno- i dwuwymiarowych kodów kreskowych, kamerę 8 Mpix oraz funkcję komunikacji bliskiego zasięgu (NFC – Near Field Communication). Kurierzy mogą w łatwy sposób rejestrować dane, czyli kody kreskowe 1D/2D, dokumenty, zdjęcia, podpisy oraz informacje oparte na NFC. Urządzenie Motorola TC55 jest wykorzystywane jako centrala komunikacji w dwóch obszarach [Brzeziński i Ocicka, 2017, s. 172]

Pierwszym z nich jest proces obsługi zleceń klientów. Centrala otrzymuje zamówienie od klienta, co stanowi pośrednictwo między nim a kurierem. Migracja pomiędzy centralnym systemem, a urządzeniem mobilnym zajmuje 30 sekund. Pracownik otrzymuje informacje na temat miejsca i sposobu odbioru paczki. Proces ten jest w 97% zautomatyzowany. Oprogramowanie wyszukuje adres w bazach danych firmy i automatycznie przypisuje do niego kuriera z określonego rejonu. Tylko 3% procesu potrzebuje pośrednictwa dyspozytora i wynika to z następujących powodów [Brzeziński i Ocicka, 2017, s. 173]:

- błędny adres w danych zlecenia;
- uniemożliwiony kontakt z nadawcą;
- brak miejsca na przesyłkę w samochodzie kuriera.

Drugi obszar stanowi doręczanie paczek. Kurier posiada niezbędne informacje odnośnie realizacji zamówienia (numer paczki, adres dostawy), za pomocą urządzenia handheld. Kurier wraz z realizacją procesu wypełnia checkbox na swoim urządzeniu. Dzięki temu zarówno centrala jak i klient mogą monitorować stan doręczenia paczki za pomocą modułu track & trace. Checkbox jest kluczowy do posiadania historii zleceń i związanych z nimi zdarzeń w formie statusów, które może umożliwić proces dynamicznego planowania tras kurierskich. W takim przypadku kurierzy nie są przypisywani do stałego rejonu, lecz w zależności od dnia otrzymują uporządkowany plan trasy, uzależniony od aktualnego popytu. Do uzyskania dynamiki planowania potrzebne jest właściwe zarządzanie jakością danych oraz know-how planowania tras [Brzeziński i Ocicka, 2017, s. 174].

Technologia Internetu Rzeczy ma również zastosowanie w branży kolejowej. PKP Intercity to największy polski operator kolejowy, który łączy centra dużych miast oraz popularne ośrodki turystyczne w kraju, a także umożliwia wygodne

podróżowanie po Europie [O firmie, 24.04.2024]. Polski przewoźnik, świadczący usługi kolejowe, wdraża innowacyjne technologie jakimi są aplikacje mobilne bazujące na Internecie Rzeczy. Przykładem aplikacji mobilnej używanej w PKP do zakupu biletów jest SkyCash. Aplikacja służy do zakupu biletów online komunikacji miejskiej, kolei dalekobieżnej i regionalnej. Zakup biletu odbywa się poprzez określenie daty wyjazdu, stacji początkowej i końcowej. W trakcie korzystania z wyszukiwarki należy określić: liczbę biletów, rodzaj stosowanej zniżki i klasę wagonu. Do sfinalizowania czynności zakupu należy wybrać metodę płatności (konto SkyCash lub karta płatnicza). Bilet pasażera jest generowany w postaci kodu QR i zostaje on automatycznie przypisany do konta. W przypadku kontroli biletów przez konduktora, pasażer pokazuje kod QR, a kontroler za pomocą kolektora skanuje bilet. Skaner po zeskanowaniu biletu łączy się z bazą danych, za pomocą systemu IoT w celu sprawdzenia autentyczności i zgodności zezwolenia przejazdu pasażera. Główną zaletą aplikacji SkyCash jest możliwość zakupu biletów bezpośrednio przez telefon komórkowy, co eliminuje konieczność stania w kolejkach na dworcu. Dodatkowo, użytkownicy nie muszą drukować biletów, co pozytywnie wpływa na ochronę środowiska [Łyko i in., 2023, s. 92].

Naturalnym efektem cyfryzacji jest powstawanie platform cyfrowych w łańcuchach dostaw. Na rynku pojawia się coraz więcej firm tworzących platformy internetowe (B&OP – Booking & Optimization Platforms). Służą one do optymalizacji przewozów, firm e-commerce, które posiadają własne platformy sprzedażowe. Booking & Optimization Platforms są to pośrednicy pomiędzy uczestnikami łańcucha dostaw (firmy przewozowe, produkcyjne, spedycyjne i detaliczne) [Laskowska-Rutkowska, 2020, s. 60]. Platformy sprzedażowe, odgrywają istotną rolę na rynku ze względu na brak obciążenia się zasobami fizycznymi, dzięki wykorzystaniu przy tym technologii IoT. Za pomocą platform B&OP możliwe jest automatyczne łączenie popytu z podażą, kontraktując po możliwie najniższej cenie usług przewozu, na określonej trasie. Jedną z firm, która integruje Internet Rzeczy z transportem jest niemiecka firma spedycyjna Cargonexx GmbH. Firma ta wykorzystuje samouczący się algorytm matematyczny, który analizuje wcześniejsze dane oraz czynniki mające wpływ na ceny rynkowe ładunków w transporcie drogowym i przewiduje je z wyprzedzeniem. Przy wykorzystaniu algorytmu, zleceniodawcy firmy Cargonexx mogą zawierać transakcje poprzez jedno kliknięcie (One-click-trucking). Platforma analizuje zlecenie transportowe w ciągu milisekund i automatycznie wycenia je po cenach rynkowych. Następnie system szuka w swojej bazie danych odpowiednich przewoźników. Narzędzie te umożliwia rozdysponowanie 30-40 ładunków na godzinę, przy czym dysponent pracujący w tradycyjnym modelu biznesowym jest

w stanie rozdysponować tylko od 2 do 3 ładunków na godzinę. Platforma niemieckiej firmy informuje w czasie rzeczywistym o statusie pojazdu, czyli o opóźnieniach, załadunku i rozładunku danego transportu. Zastosowanie programu umożliwia firmom transportowym wykorzystanie w pełni swojego taboru pojazdów ciężarowych i przestrzeni ładunkowej. Cały proces wpływa na redukcję tak zwanych „pustych przebiegów”, a co się z tym wiąże również na redukcję CO₂, o ponad 35%. Ceny Cargonexx są około 20% niższe od cen oferowanych przez inne niemieckie firmy spedycyjne [Warum Cargonexx?, 24.04.2024]. Korzystanie z platformy jest bezpłatne dla klientów firmy. Źródłem przychodów Cargonexx jest marża stanowiąca różnicę pomiędzy wartością ceny zlecenia, a ceną jego realizacji [Laskowska-Rutkowska, 2020, s. 61].

4. Korzyści i wyzwania wynikające z zastosowania Internetu Rzeczy w branży TSL

Zastosowanie Internetu Rzeczy w branży TSL przynosi zarówno liczne korzyści, jak i wyzwania, którym należy sprostać. W znacznym stopniu wspomaga on zarządzanie zasobami, umożliwia monitorowanie pojazdów oraz przestrzeni magazynowej. Prowadzi to do minimalizacji „pustych przebiegów” i optymalizacji wykorzystania zasobów (np. maksymalne wykorzystanie kubatury budynku). Skutkuje to w obniżeniu kosztów transportu oraz magazynowania, zmniejszeniem zanieczyszczenia środowiska i eliminacją błędów [Sczaniecka i Surma, 2019, s. 148].

W zarządzaniu operacjami logistycznymi występują błędy, które spowalniają działalność przedsiębiorstwa i generują koszty. Minimalizacja ich jest możliwa, przez zastosowanie technologii RFID. Identyfikacja radiowa pozwala na zautomatyzowane wprowadzanie towaru do systemu oraz jego identyfikację, co eliminuje powstawanie błędów wykonywanych manualnie przez pracowników. Czytniki pozwalają na szybkie zlokalizowanie pozycji danego produktu w przestrzeni magazynowej. Wspomaga to inwentaryzację oraz bezpieczeństwo towarów, aby nie zostały skradzione lub zagubione [Łukasik i Ulatowski, 2017, s. 1241].

Wdrożenie technologii IoT w procesach logistycznych przyczynia się do poprawy jakości usług obsługi klienta za pomocą precyzyjnego śledzenia i monitorowania przesyłek w czasie rzeczywistym. Przy wykorzystaniu systemu track&trace wzrasta zadowolenie klienta i jego skłonność do skorzystania z usług firmy w przyszłości. Wysoka jakość usług ma pozytywny skutek na PR organizacji,

jej konkurencyjność oraz pozyskiwanie nowych rynków zbytu [Kauf, Kramarz i Sadowski, 2019, s. 77].

Jednym z wyzwań zastosowania technologii Internetu Rzeczy jest utrzymanie bezpieczeństwa danych. Wraz ze wzrostem użycia nowoczesnych technologii, należy zwiększać bezpieczeństwo przepływu informacji. System IoT jest narażony na ataki hakerskie przez podatności, które zostały wykryte w urządzeniach bazujących na tym systemie. Takimi podatnościami są [Bravo, 2023, s. 286]:

- słabe lub przewidywalne, ustawione na stałe hasła administracyjne;
- niezabezpieczone interfejsy (API, backend, itp.);
- brak aktualizacji zabezpieczeń;
- brak mechanizmów zabezpieczenia prywatności;
- brak zabezpieczeń danych (podczas przechowywania i przesyłania).

Potencjalny wyciek danych może skutkować ujawnieniem wrażliwych informacji firmy takich jak, kapitał intelektualny lub tajemnice handlowe. W wyniku wycieku danych, przedsiębiorstwo ponosi finansowe straty przez prowadzenie dochodzenia oraz opłacenie prawników. Spada też zaufanie klientów i partnerów biznesowych, co może skutkować zerwaniem współpracy, a nawet bankructwem [Bravo, 2023, s. 207].

Technologia IoT znacznie usprawnia procesy logistyczne, jednakże koszty jej wdrożenia są nieosiągalne dla niektórych przedsiębiorstw. Implementacja urządzeń typu hardware i software jest czasochłonna i kapitałochłonna. Urządzenia umożliwiające komunikację bezprzewodową na danym obszarze są drogie, często trudne w instalacji, ponadto stacje znajdujące się poza zasięgiem infrastruktury sieciowej nie są zdolne do przesyłania danych [Niewiadomska-Szynkiewicz i in., 2022, s. 21].

Ze względu na dużą ilość danych obsługiwanych przez Internet Rzeczy, występuje ryzyko awarii systemu. Może to powodować zakłócenia w wymianie informacji pomiędzy infrastrukturą a pracownikami. Następstwem tych zakłóceń jest spowolnienie kompletacji zamówień, procesu magazynowania oraz obsługi klienta. W wyniku tych problemów, jakość świadczonych usług logistycznych spada. Problem może też stanowić zarządzanie tymi danymi, które w nadmiernej ilości powodują deficyt pracowników odpowiedzialnych za ich zarządzanie. Do zrozumienia i wyciągnięcia odpowiednich wskazówek z tych danych potrzebne są zarówno nowe narzędzia do ewaluacji danych, jak i wysokie umiejętności analityczne osób zajmujących się przetwarzaniem tych informacji. Deficyt ten prowadzi do braku odpowiedniego nadzoru nad danymi, co zwiększa ryzyko błędów w analizie i interpretacji informacji [Tybura, 2022, s. 64-65].

Zastosowanie IoT w branży TSL przynosi liczne korzyści, takie jak optymalizacja zarządzania zasobami, obniżenie kosztów oraz poprawa jakości usług poprzez monitorowanie pojazdów i przestrzeni magazynowej. Jednakże wdrożenie tych technologii wiąże się z wyzwaniami, takimi jak wysokie koszty implementacji, konieczność przeszkolenia pracowników oraz ryzyko awarii systemów i wycieków danych. Te wyzwania mogą prowadzić do spadku jakości usług oraz zwiększonego ryzyka występowania błędów.

5. Wpływ Internetu Rzeczy na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw logistycznych

W ostatnich latach na znaczeniu zyskuje koncepcja zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw, co jest związane z przemianami społeczno-gospodarczymi oraz wzrostem świadomości ekologicznej w społeczeństwie [Kowalska i Misztal, 2020, s. 27]. Koncepcja ta podkreśla znaczenie negatywnego wpływu działalności gospodarczej na zasoby przyrody oraz związane z nimi zmiany klimatu. Współczesne organizacje, chcąc utrzymać swoją pozycję konkurencyjną na rynku są zobligowane do uwzględnienia problemów społecznych i związaną z nimi ochroną środowiska naturalnego. Zrównoważony rozwój ma na celu umożliwienie realizacji obecnych potrzeb, równocześnie nie zagrażając możliwością zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń. Przedsiębiorstwa logistyczne stosują szereg technologii związanych z IoT, które niwelują negatywne skutki ich działalności na ekosystem [Kowalska i Misztal, 2020, s. 27].

Narzędziem, które pozytywnie wpływa na zrównoważony rozwój w obszarze zurbanizowanym, są paczkomaty firmy InPost, wsparte systemem IoT. Paczkomaty to elementy infrastruktury logistycznej punktowej, które służą do odbioru przesyłek zakupionych przez klientów w przedsiębiorstwach z branży e-commerce. Pracownik firmy kurierskiej dostarcza jednocześnie kilka paczek w jedno miejsce, bez konieczności przemieszczania, co przekłada się na zmniejszenie stopnia kongestii transportowej. Prowadzi to do zmniejszenia prędkości poruszania się pojazdu, mniejszego zużycia paliwa, skrócenia czasu transportu, zmniejszenia poziomu emisji zanieczyszczeń i hałasu, a co najważniejsze spadku liczby wypadków drogowych [Kamińska i Brzozowska, 2023, s. 52-53]. Transport przesyłki przez paczkomat w porównaniu do dostawy bezpośrednio do domu emituje 98% mniej CO₂ [InPost dla środowiska, 05.05.2024]. Paczka przechodząc przez cały proces dostawy od sprzedawcy do klienta końcowego, jest skanowana przez urządzenia typu hardware, które informują o statusie przesyłki. Odbiorca za pomocą aplikacji mobilnej InPost, dostaje powiadomienie o możliwości paczki do odbioru, co jest

możliwe dzięki powiązaniu Internetu Rzeczy między paczkomatem a aplikacją mobilną [Jak odebrać ..., 05.05.2024].

Kolejnym przedsiębiorstwem logistycznym, które w swojej działalności stosuje rozwiązania Internetu Rzeczy i skupia się na koncepcji zrównoważonego rozwoju jest DHL. W magazynach firmy używa się innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Elementem nowoczesnej infrastruktury jest sorter z laserowymi skanerami i kamerami wideo. Podczas sortowania i relokacji w magazynie, paczki przemieszczane są za pomocą taśmociągu, który kieruje je do automatycznego sortera. Sorter skanuje je przy pomocy lasera, aby określić ich rozmiar a kamera wideo rozpoznaje etykiety transportową. Ten proces umożliwia szybsze zrelokowanie paczek w magazynie, co prowadzi do krótszej pracy urządzenia sortującego. Firma DHL optymalizuje czas działania maszyny sortującej, w skutek czego, zmniejsza pobór energii elektrycznej. W wyniku używania technologii opartej na Internecie Rzeczy przedsiębiorstwo przyczynia się do osiągania celów zrównoważonego rozwoju [GoGreen, 05.05.2024].

Firmami, które przyczyniają się do rozwoju koncepcji zrównoważonego rozwoju są również przedsiębiorstwa CarryPicker GmbH z Hamburga oraz Sennder GmbH. Niemiecka organizacja CarryPicker specjalizuje się w optymalizacji ładowności ciężarówek w celu uniknięcia pustych przebiegów. W tym celu wykorzystuje sztuczną inteligencję (AI), która używa Big Data do określenia najlepszego rozwiązania w każdym przypadku wysyłki towarów transportem drogowym. W ten sposób możliwy jest znaczny wzrost wydajności, poprzez minimalizację liczebności taboru silnikowego na drogach. Skutkiem minimalizacji użycia wysokoemisyjnych ciągników siodłowych jest zmniejszenie zużycia paliwa, co skutkuje redukcją emisji szkodliwych spalin [Megatrendy w logistyce 2024+, 05.05.2024, s. 5]. Przedsiębiorstwo Sennder GmbH zajmuje się natomiast cyfrową spedycją drogową. Firma korzysta z programów informatycznych opartych na technologii GPS i czujnikach monitorujących. Platforma wykorzystuje dane do optymalizacji wydajności tras. Sennder ukierunkowany jest na zmniejszanie wpływu transportu drogowego na środowisko, przy czym jednocześnie obniża koszty transportu. Ponadto platforma zapewnia większą przejrzystość rynku. Cechą wspólną tych dwóch niemieckich przedsiębiorstw jest dążenie do zrównoważonego rozwoju poprzez zastosowanie Internetu Rzeczy [Megatrendy w logistyce 2024+, 05.05.2024, s. 6].

Podsumowanie

Internet Rzeczy znajduje zastosowanie w wielu aspektach działalności przedsiębiorstw logistycznych. Zbiera i przysyła dane, tworzy globalną infrastrukturę opartą na integracji obiektów fizycznych i wirtualnych. Kluczowymi wymaganiami dotyczącymi IoT są: niezawodność danych, integracja, interoperacyjność, prywatność, niezawodność, bezpieczeństwo i dostępność. System Internetu Rzeczy stanowi rewolucję w branży TSL, ze względu na możliwość zarządzania flotą pojazdów, zasobami oraz ryzykiem w łańcuchu dostaw.

Przykładami przedsiębiorstw, które używają rozwiązań opartych na Internecie Rzeczy są między innymi DHL Parcel Polska, PKP Intercity, Cargonexx GmbH. Przedsiębiorstwo DHL wykorzystuje urządzenia mobilne Motoroli do automatyzacji procesów kurierskich. Dzięki temu, czas obsługi klienta, jest zredukowany i jakość usługi wzrasta. PKP Intercity, korzysta z aplikacji mobilnych do zakupu biletów pasażerskich w formie elektronicznej. Wygenerowane bilety w formie kodu QR, są skanowane przez hardware, który za pomocą Internetu Rzeczy, przysyła dane do kontroli. Niemiecka firma Cargonexx GmbH, wykorzystuje natomiast system informatyczny, do optymalizacji tras przewozów transportowych. Prowadzi to, do zredukowania kosztów operacyjnych i zmniejszenia emisji CO₂.

Wykorzystanie Internetu Rzeczy w przedsiębiorstwach logistycznych przyczynia się również do ich zrównoważonego rozwoju. Na przykład firma InPost za pomocą Internetu Rzeczy wiąże infrastrukturę punktową – paczkomaty, z urządzeniami mobilnymi swoich klientów. Paczkomaty, powodują skrócenie trasy przewozu przesyłki, co w skali działalności na obszarze całego kraju w znacznym stopniu redukuje emisję CO₂. DHL, używa zautomatyzowanych sorterów, które optymalizują proces magazynowania.

CarryPicker GmbH oraz Sennder GmbH, są niemieckimi firmami, również wykorzystującymi Internet Rzeczy na korzyść zrównoważonego rozwoju. CarryPicker GmbH za pomocą sztucznej inteligencji oraz BigData, zwiększa efektywność przewozową i minimalizuje liczbę wykorzystywanego taboru, co przekłada się na mniejszą emisję spalin. Sennder GmbH natomiast, korzysta z programów informatycznych, bazujących na technologii GPS, optymalizuje trasy przewozowe i zapewnia przejrzystość rynku transportowego.

Podsumowując, należy podkreślić iż zastosowanie Internetu Rzeczy w branży TSL niesie ze sobą wiele korzyści. Pozwala on na efektywne zarządzanie zasobami, redukuje koszty operacyjne działalności logistycznej, redukuje czas obsługi klienta i niweluje negatywne skutki wpływu przedsiębiorstw na środowisko naturalne. Niestety istnieje też wiele wyzwań, z którymi firmy muszą się zmierzyć.

Nowoczesne technologie mają wysokie koszty wdrożenia. Proces wprowadzenia zmian jest czasochłonny i wiąże się z ryzykiem awarii systemów i naruszenia danych poufnych. Ryzyko popełnienia błędów może zaś przyczynić się do zmniejszenia jakości obsługi klienta.

ORCID iD

Danuta Szpilko: <https://orcid.org/0000-0002-2866-8059>

Literatura

1. BITO, Technika magazynowa (2024), *Biała Księga: Megatrendy w logistyce 2024+*, <https://www.bito.com/pl-pl/ekspertyza/artikel/najwazniejsze-trendy-w-logistyce-2024/>
2. Bravo C. (2023), *Cyberbezpieczeństwo dla zaawansowanych: skuteczne zabezpieczenia systemu Windows, Linux, IoT i infrastruktury w chmurze*, Helion, Gliwice.
3. Brzeziński J., Ocicka B. (2017), *Rozwój technologii mobilnych na rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych na przykładzie działalności DHL Parcel Polska* [w:] B. Ocicka (red.), *Technologie mobilne w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 162-180.
4. Bukowska-Piestrzyńska A., Doński-Lesiuk J., Karkowski T. A., Motowidlak U. (2020), *Innowacyjne rozwiązania w logistyce: aspekty wybrane*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
5. Gładysz B., Grabia M., Santarek K. (2017), *RFID od koncepcji do wdrożenia: polska perspektywa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
6. GoGreen, <https://www.dhl.com/pl-pl/ecommerce/o-dhl-ecommerce/gogreen.html>
7. InPost dla środowiska, <https://inpost.pl/inpost-dla-ekologii>
8. Jagodziński J. (2021), *Internet Rzeczy*, [w:] Ł. Korus (red.), *Analiza danych w systemach Internetu Rzeczy*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, s. 15-38.
9. *Jak odebrać przesyłkę w urzędzeniu Paczkomat InPost?*, <https://inpost.pl/pomoc-jak-odebrac-przesylke-w-urzedzeniu-paczkomat-inpost>
10. Kaczmarek W., Panasiuk J., Borys S., Dyczkowski R., Siwek M. (2023), *Robotyzacja i automatyzacja: przemysł 4.0*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
11. Kamińska K., Brzozowska M. (2023), *Ekorozwiązania w usługach kurierskich*, [w:] K. Kolasińska-Morawska, M. Ziółko (red.), *Zrównoważona logistyka*, CeDeWu, Warszawa, s. 47-55.
12. Kauf S., Kramarz M., Sadowski A. (2019), *Zarządzanie marketingowo-logistyczne: kontekst zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

13. Kowalska M., Misztal A. (2020), *Wpływ bezpieczeństwa finansowego na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
14. Krawiec J. (2020), *Internet Rzeczy [IoT]: problemy cyberbezpieczeństwa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
15. Książkiewicz D. (2021), *Rozwój transportu spedycji i logistyki w dobie cyfryzacji i globalnej gospodarki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
16. Laskowska-Rutkowska A. (2016), *Innowacyjne rozwiązania w logistyce XXI wieku*, Gospodarka Materiałowa i Logistyka 9, s. 2-7.
17. Laskowska-Rutkowska A. (red.) (2020), *Cyfryzacja w zarządzaniu*, CeDeWu, Warszawa.
18. Łazicki A., Krużycka L., Zieliński L., Jurek R., Jaworska E., Krzyżak P. (2019), *Zarządzanie magazynem: zapasy, WMS, Lean, bezpieczeństwo*, Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, Warszawa.
19. Łukasik Z., Ulatowski B. (2017), *Wybrane technologie IT w transporcie intermodalnym*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe 18 (6), s. 1241-1243.
20. Łyko W., Kołodziej S., Listwan T., Maciejowski P. (2023), *Przyszłość kolei, czyli Internet of Trains oraz inne rozwiązania przemysłu 4.0* [w:] Ziółko M., Dziedzic D. (red.), *Transport kolejowy: wyzwania i innowacje*, CeDeWu, Warszawa, s. 85-94.
21. Miller M. (2017), *Internet Rzeczy: jak inteligentne telewizory, samochody, domy i miasta zmieniają świat*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
22. Niewiadomska-Szynkiewicz E., Marks M., Arabas P., Sikora A. (2022), *Bezprzewodowe sieci czujników w Internet Rzeczy: modele, algorytmy, protokoły*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
23. *O DHL Parcel*, <https://www.dhl.com/pl-pl/ecommerce/o-dhl-ecommerce.html>
24. *O firmie*, <https://www.intercity.pl/pl/site/o-nas/o-firmie/>
25. O'Shea A. (2022), *Elektronika i internet rzeczy: przewodnik dla ludzi z prawdziwą pasją*, Helion, Gliwice.
26. Płaczek E., Osieczko K. (2020), *Zastosowanie robotów AGV w intralogistyce*, Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie 1 (30), s. 165-176.
27. Rusek D., Pniewski R. (2016), *Nowoczesne Technologie IT stosowane w logistyce*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe 17 (12), s. 1654-1657.
28. Szczaniecka E., Surma A. (2019), *Automatyczne magazyny wysokiego składowania jako przyszłość magazynowania*, Journal of TransLogistics 5 (1), s. 143-154.
29. Sułkowski Ł., Kaczorowska-Spychalska D. (red.) (2018), *Internet of Things: nowy paradygmat rynku*, Difin, Warszawa.
30. Suproń B. (2023), *Rozliczanie czasu pracy kierowców: kompendium wiedzy*, CeDeWu, Warszawa.

31. Surma A. (2020), *Roboty mobilne agv w procesach kompletacji towarów*, Journal of TransLogistics 6 (1), s. 221-231.
32. Szmelter-Jarosz A. (2020), *Logistyczne aspekty racjonalnego wykorzystania systemów informatycznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
33. Szpilko D., Jimenez Naharro F., Lăzăroiu G., Nica E., de la Torre Gallegos A. (2023), *Artificial intelligence in the smart city – a literature review*, Engineering Management in Production and Services, 15(4), pp. 53-75.
34. Szymonik A., Chudzik D. (2018), *Logistyka nowoczesnej gospodarki magazynowej*, Wydawnictwo Difin, Warszawa.
35. Tybura, A. (2022), *Internet rzeczy – Biznes – Marketing – Wyzwanie*, [w:] B. Glinkowska-Krauze (red.), *Współczesne trendy bezpieczeństwa biznesu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 61-69.
36. *Warum Cargonexx?*, <https://www.cargonexx.com/warum-cargonexx>
37. Woźniakowski T., Jałowiecki P., Zmarzłowski K., Nowakowska M. (2018), *ERP systems and warehouse management by WMS*, Information Systems in Management 7 (2), s. 141-151.
38. Wytrębowski J., Radziszewski P., Cabaj K. (2020), *Inżynieria systemów internetu rzeczy: zagadnienia bezpieczeństwa i komunikacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

Application of the Internet of Things within the context of sustainable development of enterprises in the TSL sector

Abstract

Internet of Things connects various devices which gather and send data through the network. In the sector of logistics, it is being used f.ex.: to optimise warehouse space, fleet management, data flow digitalisation and to enhance client service quality. Implementation of Internet of Things in logistics enterprises leads to decrease energy usage, optimisation of logistics processes, reduce the negative impact of TSL branch on natural environment and enhancement of services quality. The goal of this article is to identify and characterise examples of implementing Internet of Things in activity of logistics enterprises in the context of sustainable development.

Key words

Internet of Things, IoT, TSL, sustainable development, innovative technologies