

Paulina Bednarz, Joanna Popiel

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Roboty AGV w intralogistyce
– teraźniejszość i wyzwania na przyszłość

AGV robots in intralogistics
– the present and challenges for the future

Synopsis. Artykuł ma charakter przeglądowy, systematyzujący wiedzę z zakresu zastosowania robotów AGV (ang. *automated guided vehicles*) w intralogistyce przedsiębiorstwa. Celem głównym artykułu jest identyfikacja zasad działania robotów AGV oraz wskazania ich zalet i wad z punktu widzenia zastosowania w przemyśle i logistyce. Ponadto wyznaczono następujące cele pomocnicze: zidentyfikowanie tendencji rozwoju intralogistyki, rozpoznanie charakterystycznych cech robotów AGV, a także porównanie tej technologii z rozwiązaniami współpracującymi z człowiekiem. W artykule przyjęto hipotezę badawczą mówiącą, że technologia AGV znajduje zastosowanie w miejscach pracy, gdzie poziom zagrożeń dla pracownika jest oceniany jako wysoki. Do badania zgromadzono materiał metodą monograficzną. Dokonano przeglądu krajowych oraz zagranicznych pozycji literaturowych. Zebrany materiał poddano analizie porównawczej, której wyniki zostały zaprezentowane w postaci tabelarycznej i opisowej.

Słowa kluczowe: roboty AGV, roboty współpracujące, intralogistyka, automatyzacja, Przemysł 4.0

Abstract. This review article concerns the use of AGV robots in intralogistics of companies. The main goal is to recognise the rules of working AGV robots and to indicate their advantages as well as some shortcomings, regarding the implementation of them to industry and logistics. Furthermore, some intermediate goals were set: to identify the tendency of intralogistics' development, to recognize the key features of AGV tools and to compare them and those, which cooperate with a human. In the article, it is hypothesized that the AGV technology has big potential to be implemented at workplaces, where the danger risk is estimated as high. To get the research material the authors used the monographic method. They reviewed both Polish and foreign literature. The material was subjected to the comparative analysis and the results are described and presented in the table.

Key words: AGV robots, cooperating robots, intralogistics, robotisation, Industry 4.0

Wstęp

Obecna sytuacja demograficzna nie jest korzystna dla przedsiębiorstw, zwłaszcza dla wielkich zakładów przemysłowych. W krajach wysoko i średnio rozwiniętych piramida wieku społeczeństwa ma kształt charakterystyczny dla społeczeństw starzejących się [Börsch-Supan 2008]. Dodatkowo wysoki poziom edukacji oraz wąska specjalizacja powodują, że potencjalni pracownicy oczekują ciekawszych zadań, które zaangażują ich umiejętności i umożliwią dalszy rozwój. Z tego powodu przedsiębiorstwa przemysłowe, w których stanowiska pracy charakteryzują się powtarzalnością i mechanizacją, odczuwają skutki zachodzących procesów ekonomiczno-demograficznych. Ciężka i wymagająca dużej wytrzymałości psychicznej oraz fizycznej praca zniechęca do jej podejmowania przez osoby w wieku produkcyjnym w Polsce [Balcerowicz-Szkutnik 2015]. Istotnym czynnikiem wpływającym na podaż pracy w zawodach wymagających znacznego wysiłku fizycznego jest wysoki poziom niebezpieczeństwa oraz związana z tym duża odpowiedzialność, także osobista. Jako przykłady można przytoczyć tutaj pracę górnika, hutnika, a nawet magazyniera. Rozwiązaniem problemów z niedostateczną podażą pracy może być zastosowanie robotów AGV (ang. *automated guided vehicles*). Mimo że jest to technologia stosowana już od lat 50. XX wieku, dopiero obecnie staje się popularna. Implementacją technologii są zainteresowane szczególnie duże zakłady przemysłowe, w których wykorzystuje się zaawansowane technologie. W dobie digitalizacji oraz tzw. *Internet of Things* (IoT) zasadniczą zaletą AGV jest automatyczny przepływ informacji między elementami zaangażowanymi w proces logistyczny. Roboty AGV, poza tym, że usprawniają wykonywane działania, to umożliwiają swobodną i efektywną wymianę informacji, co jest co najmniej utrudnione przy pracy człowieka. Przede wszystkim jednak roboty AGV są stworzone do współpracy z ludźmi, dzięki czemu powszechnie uznaje się je już za jeden z filarów trwającej obecnie czwartej rewolucji przemysłowej, kształtującej tzw. Przemysł 4.0 [Jasiewicz i in. 2015].

Cel i metodyka badań

Głównym celem artykułu jest przedstawienie zasad działania robotów AGV, a także określenie ich mocnych i słabych stron. Ze względu na poglądowy charakter artykułu dopełnieniem jest analiza porównawcza robotów AGV i robotów współpracujących z człowiekiem.

Materiał poglądowy został zgromadzony poprzez przegląd literatury, co miało na celu weryfikację hipotezy, iż technologia AGV znajduje zastosowanie w miejscach pracy, gdzie poziom zagrożeń dla pracownika oceniany jest jako wysoki. Wyniki analizy porównawczej zostały przedstawione w formie opisowej, a ich synteza tabelarycznie.

Intralogistyka

Logistykę możemy podzielić na dwie części: wewnętrzną (działania wewnątrz przedsiębiorstwa) oraz zewnętrzną (działania poza przedsiębiorstwem) [Bendkowski 2013]. Podstawą mechanizmu intralogistyki jest przepływ materiału w łańcuchu logistycznym

i jest to najczęściej obrót materiałów wewnątrz przedsiębiorstwa, rozpoczynający się od dostarczenia surowców do magazynu przyjęć, a kończący się na odebraniu gotowych produktów z magazynu wyrobów gotowych [Tyslik 2013].

Intralogistyka ma duży wpływ na całościowe koszty produkcyjne przedsiębiorstwa. W przedsiębiorstwach, które skupiają się na intralogistyce, stosuje się np. pociągi transportowe, czyli systemy zbudowane z ciągnika, wózków transportowych oraz zespołu platform. Takie rozwiązanie transportowe umożliwia zredukowanie zarówno przebiegów transportowych, jak i pustych przebiegów do minimum, co ma pozytywny wpływ na ograniczenie finalnych kosztów.

Zwiększenie zainteresowania intralogistyką i zmiana podejścia do procesów logistycznych są spowodowane coraz większą popularyzacją modelu *lean manufacturing* (dosłownie tłumacząc na język polski, jest to szczupłe produkowanie). W ślad za modelem *lean manufacturing* wyłoniła się koncepcja *lean management*, której podstawowym założeniem jest ciągle doskonalenie procesów produkcji, zbytu, zaopatrzenia i zarządzania. Głównym celem *lean management* jest dostarczanie produktów najwyższej jakości, przy jednoczesnym ograniczaniu marnotrawstwa, zmniejszaniu ilości zbędnych zapasów oraz skracaniu czasu produkcji. Jakikolwiek roboty obecne w toku procesów wytwórczych czy wspierających je procesów logistycznych przyczyniają się do jeszcze większej redukcji czasu konsumowanego na działalność *stricte* produkcyjną. Kalkulacja wydajności, produktywności, czy samych kosztów pracy ludzkiej i maszynowej jest zdecydowanie korzystniejsza dla tej drugiej. Przy masowości produkcji zastosowanie robotyzacji nabiera szczególnego znaczenia.

Zarys historyczny robotyzacji w przemyśle

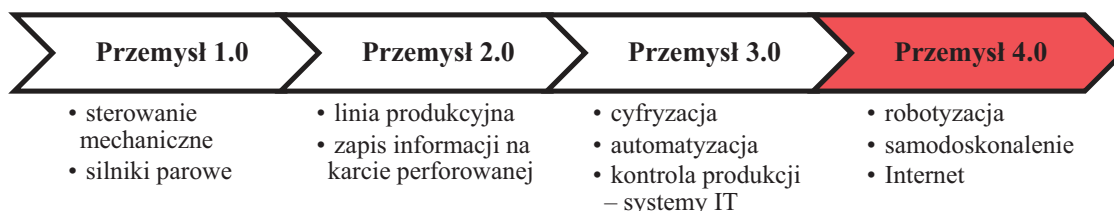
Robotyzacja to zastępowanie pracy ludzkiej robotami, nie tylko w przemyśle, ale także w usługach, w których działają jako element wielu różnorodnych aplikacji informatycznych [Bendkowski i Matusek 2013]. Przede wszystkim roboty efektywnie wykonują prace powtarzalne, które nie wymagają inwencji twórczej i kreatywności.

Roboty pojawiły się po raz pierwszy w przemyśle w 1937 roku, kiedy to Griffith P. Taylor skonstruował pierwszą maszynę, która miała być przeznaczona do wykorzystania w przemyśle, a ponadto odpowiadała obowiązującym wtedy zasadom zarządzania jakością [Dobrzański 2016]. Pierwszym robotem był dźwig o pięciu osiach obrotu, napędzany pojedynczym silnikiem elektrycznym. Po tym wydarzeniu zaprzestano prac rozwojowych nad robotami na prawie 20 lat, do czasu, gdy w 1954 roku wykorzystano je w badaniach nuklearnych oraz wyprawach oceanograficznych [Słania i Dziędzioł 2015]. Za przełom w robotyzacji przemysłu uznaje się 1961 roku, gdy w fabryce General Motors w Trenton (USA) zainstalowano pierwszego robota przemysłowego, obsługującego maszynę odlewniczą. Niedługo potem także w fabryce Ford Motor Company, w Detroit wprowadzono robota Versatran Model C, którego zadaniem była obsługa prasy tłoczącej karoserię [Klimsara i Pilat 2006].

W Europie roboty przemysłowe pojawiły się na przełomie lat 60. i 70. XX wieku (w Polsce: w 1976 roku w Olkuskiej Fabryce Naczyń Emaliowanych). Początkowo roboty były montowane w fabrykach przemysłu motoryzacyjnego. Obecnie są one wykorzysty-

wane w wielu innych branżach, także w magazynach [Siemiątkowska i Harasymowicz-Boggio 2014].

Na rysunku 1 przedstawiono etapy rozwoju przemysłu na świecie. Przekształcenia w kierunku przemysłu czwartej generacji mogą przynieść efekty np. w postaci wyższej stopy zwrotu z zaangażowania kapitału [Roland Berger 2016].

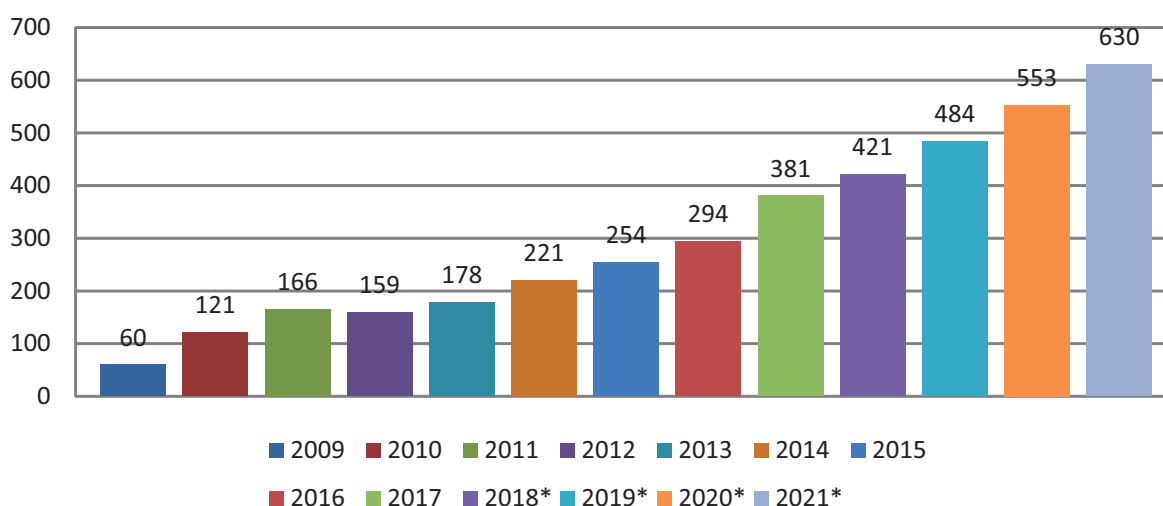


Rysunek 1. Etapy rozwoju przemysłu na świecie

Figure 1. Development of the industry – stages

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Roblek i in. 2016].

Zarówno roboty AGV, jak i roboty współpracujące są przykładem rozwoju robotyzacji – jednego z kluczowych elementów Przemysłu 4.0. Dane Międzynarodowej Federacji Robotyki (IFR) potwierdzają, iż ostatnie lata pod względem robotyki można zaliczyć do udanych. Organizacja ta informuje o 30% wzroście sprzedaży robotów w 2017 roku w porównaniu z rokiem poprzednim. W Europie był to wzrost na poziomie 18%, w Europie Środkowo-Wschodniej o 36%, z kolei w Polsce o 16%. W 2017 roku sprzedano ponad 380 tys. jednostek robotów. Organizacja prognozuje dalszy wzrost i zwiększoną podaż na roboty [IFR 2018].



Rysunek 2. Szacowana roczna światowa podaż robotów przemysłowych 2009–2021 (w tys. jednostek)

Figure 2. Estimated annual worldwide supply of industrial robots 2009–2021 (in thousands of units)

Źródło: [IFR 2018].

Mimo że liczba robotów stosowanych w przedsiębiorstwach stale i dynamicznie wzrasta, Polska wciąż jest jednym z europejskich krajów o najmniejszym wskaźniku robotyzacji [Kulik i Wojtczak 2015]. Według raportu IFR [2018] na przestrzeni lat 2011–2013 wskaźnik robotyzacji w naszym kraju zwiększył się jedynie o 5 p.p., osiągając 19%. W tym samym czasie w Czechach wzrost ten wyniósł 20 p.p. (z 52 do 72%). W Korei Południowej, kraju który jest potentatem w procesie robotyzacji, na 10 tys. pracowników przypada 437 robotów, podczas gdy w Polsce jest to tylko 19 maszyn. Wspomniane statystyki świadczą o niskim poziomie robotyzacji w Polsce. Należy jednak zauważyć, iż Polska jest jednak obszarem, gdzie dominują mniejsze i średnie przedsiębiorstwa [Odozryńska 2000], a dla nich wdrożenie robotów do struktur wytwórczych czy logistycznych jest zbyt kosztowne.

Charakterystyka technologii AGV

Technologia AGV opiera się na wykorzystaniu pojazdów bezzałogowych i jest przeznaczona do przewozu obiektów po wyznaczonej trasie. Technologia umożliwia realizację ruchu do punktu docelowego (stacji) po ścieżce wykonanej z taśmy magnetycznej. Robot rozpoznaje poszczególne stacje na podstawie czujników RFID umieszczonych wzdłuż trasy.

Pojazdy/wózki AGV to pojazdy wyposażone w napęd elektryczny i zasilane dzięki akumulatorom. Tego typu maszyny wykorzystywane są w zautomatyzowanych systemach transportowych do przewozu ładunków w obrębie zakładu i poza nim [Wojciechowski i Wojciechowski 2002]. Ze względu na dużą ładowność roboty AGV są używane także do załadunku i rozładunku towarów oraz innych czynności towarzyszących transportowi. Pierwszy robot AGV został skonstruowany przez firmę Volvo i pełnił funkcję ruchomej platformy montażowej [Feledy i Shiller Luttenberger 2017].

Grupa robotów samojezdnych AGV jest zróżnicowana. Można dokonać podziału pojazdów AGV ze względu na różne kryteria. Pierwszym jest sposób transportu. Pośród tych maszyn wyróżnia się pojazdy holownicze (ang. *towing vehicles*), które mają ładowność do 27 t. Pojazdy te są szczególnie efektywne w konwojach, gdyż skutecznie ograniczają wysiłek pracowników fizycznych, a także redukują zużycie paliwa podczas transportu. Wózki holownicze zaprojektowano z myślą o ciągnięciu innych wózków kołowych sterowanych ręcznie. Istnieją również pojazdy pojedynczego załadunku (ang. *unit load vehicles*), które oprócz załadunku towarów mogą poruszać się po wąskich i krętych ścieżkach. Zostały one zaprojektowane do przewozu ciężkich towarów, lecz na nieznaczne odległości [Sobaszek i in. 2017]. Roboty te są niezwykle wszechstronne, gdyż są dopasowane do ładunków o różnorodnych kształtach.

Najpopularniejszą grupą pojazdów AGV są wózki widłowe (ang. *fork vehicles*), których popularność wynika z wszechstronności zastosowania [Cieślikowski i in. 2015]. Innowacją są wózki widłowe samojezdne, które dzięki udanej konstrukcji są bardzo zwrotne i szybkie, co zwiększa efektywność ich pracy w magazynie. Istnieją też proste wózki transportowe (ang. *cart vehicles*), o mniejszej ładowności do 1,4 t. Dzięki kompaktowym rozmiarom proste wózki transportowe są powszechne w małych magazynach i zakładach produkcyjnych.



Rysunek 3. Robot AGV firmy Dematic

Figure 3. Dematic AGV robot

Źródło: <https://www.dematic.com> [dostęp: 20.05.2019].



Rysunek 4. Bezobsługowy wózek widłowy AGV

Figure 4. Maintenance-free AGV forklift

Źródło: [Benevides 2018].

Innego podziału AGV można dokonać ze względu na typ nawigacji. Podstawowym celem systemu sterowania ruchem jest zaplanowanie i kontrola trasy w celu optymalizacji przepływów. Pojazdy mogą być prowadzone z wykorzystaniem technologii RFID, GPS, pętli indukcyjnych, magnetycznych, optycznych, ultradźwiękowych, laserowych, dzięki metodzie układu współrzędnych lub żyroskopowej. Rysunek 4 przedstawia przykład bezzałogowego AGV.

Każda z powyższych metod nawigacji AGV ma pewne zalety, ale i wady. Nawigacja RFID polega na automatycznym zapisie i odczycie danych. Nie wymaga ona kontroli ze strony człowieka, a dodatkowo jest bardzo precyzyjna i szybka w działaniu. Sterując robotem za pomocą pętli indukcyjnej, należy spodziewać się dokładności i niezawodności działania. Umieszczony pod podłogą kabel wysyła sygnał do umieszczonego w pojeździe układu odbiorczego. Jest on bardzo wytrzymały na czynniki zewnętrzne, jednak problemem jest zmiana wytyczonej wcześniej trasy. Pętla magnetyczna działa na podobnej zasadzie jak poprzednia. Jej zaletą jest jednak mały koszt i łatwość przekształcenia ścieżki,

po której porusza się autonomiczny pojazd, bowiem jest ona zlokalizowana na posadzce. Najnowocześniejsze pojazdy AGV są wyposażone w laserowy system wytyczania trasy, do czego służą skanery laserowe, które wykrywają specjalne czujniki umieszczone w pomieszczeniu. Roboty o tym sposobie sterowania wykorzystywane są do transportu ciężkich jednostek magazynowych, a także przedmiotów o nietypowych kształtach. Metoda ta wymaga precyzji zlokalizowania czujnika, co w przypadku błędu może mieć bardzo negatywne skutki i powodować zakłócenia w łańcuchu logistycznym [Censi 2008].

Pozostałe sposoby nawigacji są rzadziej stosowane. Przykładowo ograniczeniem GPS jest możliwość wykorzystywania tego systemu jedynie na zewnątrz budynku. Z kolei wykorzystanie nawigacji za pomocą układu współrzędnych jest mniej popularne ze względu na konieczność instalacji rozbudowanej sieci punktów w podłożu drogi, po której porusza się robot.

Wózki AGV można różnicować również ze względu na sposób zarządzania ruchem, czyli wyróżnia się system centralny i zdecentralizowany. Kluczową kwestią dla zarządzania ruchem jest zainstalowanie w pojazdach przyrządów umożliwiających bezkolizyjny przebieg. System zarządzania ruchem musi kontrolować sam ruch wózka i tak nim sterować, aby uniknąć wypadków i nie narazić na niebezpieczeństwo otoczenia. W systemie centralnym podczas awarii jakiegokolwiek z wózków należy wyłączyć cały system, co może jednak wpłynąć na ciągłość pracy. Optymalnym rozwiązaniem jest kombinacja sterowania centralnego i zdecentralizowanego, w której bezkolizyjna jazda odbywa się dzięki czujnikom umieszczonych na maszynach. Analiza możliwości oraz ograniczeń poszczególnych typów pojazdów wskazuje, iż najefektywniejszym systemem jest ten, w którym na prostych odcinkach trasy wózki chronione są przez czujniki. W miejscach, gdzie się zagęszcza, należy wprowadzać system centralny z podziałem na poszczególne strefy ruchu.

Porównanie robotów AGV i współpracujących z człowiekiem

Wspólną cechą pojazdów AGV oraz robotów współpracujących jest zdolność do usprawniania fizycznej pracy ludzkiej. Dla przedsiębiorstw jest to bardzo ważne, gdyż roboty nie wymagają przerw w pracy ani urlopów, co zapewnia stabilność oraz ciągłość produkcji. Wybór maszyny powinien być jednak poprzedzony analizą zadań wykonywanych na poszczególnych stanowiskach. Roboty AGV zdecydowanie lepiej sprawdzają się w otoczeniu o pewnym stopniu niebezpieczeństwa dla człowieka. Roboty te są wyposażone w wiele czujników i systemów bezpieczeństwa, co korzystnie wpływa na poziom bezpieczeństwa pracowników i zmniejsza ryzyko wystąpienia wypadku podczas pracy.

Roboty współpracujące, którego przykład pokazuje rysunek 5, łączą zalety maszyn i człowieka. Zadania wykonywane przez zespoły robotów i ludzi charakteryzują się dużą precyzją, ale też kreatywnością i zdolnościami poznawczymi, które są atrybutami ludzi.



Rysunek 5. Robot współpracujący

Figure 5. Cooperating robot

Źródło: [Kurzacz 2017].

Poniższa tabela stanowi wyraz porównania zalet i wad obu rozwiązań: robota AGV i współpracującego z człowiekiem.

Tabela. Porównanie głównych zalet oraz wad robotów AGV i robotów współpracujących
Table. AGV vs. cooperating robots – the comparison of the advantages and disadvantages

Cechy	Roboty AGV	Roboty współpracujące
Zalety	<ul style="list-style-type: none">– mniejsze ryzyko bezpieczeństwa zdrowia i życia człowieka– odciążenie pracowników– ograniczenie kosztów funkcjonowania zakładu– ciągłość działania – 24 h 7 dni w tygodniu– elastyczność produkcji– precyzja i efektywność działania – większe możliwości identyfikacyjne	<ul style="list-style-type: none">– łączenie zalet robota i pracy człowieka– ciągłość działania– wyjątkowa precyzja działania
Wady	<ul style="list-style-type: none">– duży koszt instalacji– brak wykorzystania zdolności poznawczych człowieka	<ul style="list-style-type: none">– wolniejsza praca ze względu na dopasowanie do człowieka– ograniczenie względem położenia robota

Źródło: opracowanie własne.

Roboty współpracujące bez wątpienia bardzo ułatwiają pracę człowiekowi. W przeciwieństwie do robotów AGV ludzka ręka jest tam jednak niezbędna.

Przykłady zastosowania technologii AGV w przemyśle i intralogistyce

Dzięki rozwiniętym systemom bezpieczeństwa oraz bogatemu wyposażeniu w czujniki i narzędzia ostrzegawcze roboty AGV mają spory potencjał szerokiego wykorzystywania w praktyce. Przykładowo, od 2008 roku w Australii prowadzone są badania nad możliwościami wykorzystania tej technologii w kopalniach. Powstają autonomiczne pojazdy ciężarowe, a także projekty autonomicznych taksówek dla firmy Uber, opracowane przez koncern Volvo. Główną przesłanką tych działań jest wyeliminowanie zagrożeń będących następstwem działalności człowieka. W przypadku ostatniego z wymienionych projektów celem jest także zagwarantowanie bezpieczeństwa pasażerów i innych uczestników ruchu drogowego.

Ryzyko w środowisku pracy występują także na stanowiskach, które cechują się dużą monotonią pracy i jej powtarzalnością, jak również tam, gdzie warunki pracy (na przykład: higieniczno-sanitarne, mikrobiologiczne lub temperaturowe) znacznie wpływają na wydajność pracowników. Przykładem może być sortowanie odpadów, podczas którego pracownicy ze względu na odór i znikomy kontakt ze środowiskiem zewnętrznym wykonują swoją pracę gorzej, niż robiłby to robot AGV.

Maszyny AGV są też wykorzystywane w magazynach do paletyzacji towarów. W tym przypadku wykorzystuje się roboty o kinematyce cylindrycznej, które dodatkowo mogą konsolidować proces paletyzacji z systemem transportowym. Umożliwia to przenoszenie towarów przy prawie całkowitym wyłączeniu udziału pracownika fizycznego [Kozłowski

i Skorski 2013]. Wdrożenie robotów AGV do systemu przedsiębiorstwa stanowi znaczny wydatek, jednakże należy postrzegać to jako inwestycję. Krok ten może zwiększyć efektywność i wyniki firmy, co w dłuższej perspektywie przyniosłoby zwrot pieniędzy.

Intralogistyka swoim zakresem obejmuje transport wewnętrzny towarów, od przyjęcia w magazynie towaru/surowca do wydania go z magazynu. Jednym z najnowszych rozwiązań wprowadzanych do pracy w ramach procesów wewnętrznych są właśnie roboty mobilne AGV implementowane do wielu magazynów, przede wszystkim dzięki możliwości automatyzacji procesu. Szeroki zakres realizowanych zadań w intralogistyce przedsiębiorstw powoduje, iż roboty AGV są wykorzystywane w magazynach wielu branż. Zdecydowanie najpopularniejszą z nich jest ta motoryzacyjna (ang. *automotive*). Roboty AGV są obecne chociażby w zakładzie montażowym firmy SEW-EURODRIVE Polska w Łodzi, a także w całkowicie zautomatyzowanej fabryce Tesla Gigafactory, w Nevadzie [Lambert 2016].

W ramach intralogistyki stosuje się np. pociągi transportowe, czyli systemy zbudowane z ciągnika, wózków transportowych oraz zespołu platform przeładunkowych. Takie rozwiązanie transportowe umożliwi zredukowanie zarówno przebiegów transportowych, jak i pustych przebiegów do minimum, co ma pozytywny wpływ na globalne koszty logistyki.

Podsumowanie i wnioski

W przeciwieństwie do dronów czy robotów współpracujących AGV nie są nowym wynalazkiem, jednak dopiero teraz nabierają znaczenia w gospodarce. Dzięki rozwojowi techniki maszyny AGV są sukcesywnie udoskonalane. Pomimo tego, że postrzegane są jako proste urządzenie, których funkcjonowanie ogranicza się do transportu, załadunku i wyładunku, w ostatnich latach zyskały na popularności i zaczęto wykorzystywać je w wielu branżach.

Wykorzystując roboty AGV, pracodawcy ograniczają koszty związane z zatrudnieniem personelu, np. wynagrodzenie czy ubezpieczenie pracowników. Zwrot kosztów inwestycji nie jest natychmiastowy, co jest częstą przyczyną zaniechania prac wdrożeniowych w małych i średnich przedsiębiorstwach.

Urządzenia oraz roboty AGV mogą spełniać różnorodne funkcje. Mogą one zastąpić wiele typów tradycyjnych wózków widłowych oraz przewozić różne typy jednostek ładunkowych i towarów. Nie zastąpią one całkowicie pracy człowieka, nie wyeliminują wózków widłowych z magazynów, ale będą z nimi współpracować. W niedalekiej przyszłości w magazynach pracować będą zarówno systemy automatyczne i coraz nowocześniejsze pojazdy, jak i w dalszym ciągu ciągniki z operatorem, wózki ręczne czy też uniwersalne wózki widłowe, o czym pisze wielu autorów [Magnuszewska 2019]. Dalsza robotyzacja, automatyzacja, digitalizacja pracy to także poważne wyzwania menedżerskie, nie tylko w obszarze formy komunikacji z elementami systemu wytwórczego czy logistycznego, ale wymuszające być może redefinicję niektórych paradygmatów zarządzania [Michalski i Gogołekiewicz 2019]. Zaakcentowane w artykule zagadnienia z obszaru nowych technologii to także konieczność zmian w kształceniu w obszarze logistyki [Michalski 2017]. Dotyczy to tym bardziej menedżerów zarządzających całkowicie

nowymi środowiskami pracy, opartymi w polskich warunkach na coraz większym komponencie autonomizacji pracy, a co wymaga całkowicie nowych kompetencji społecznych, umiejętności i zdecydowanie szerszej oraz bardziej zróżnicowanej wiedzy wychodzącej poza opisywaną branżę produkcyjną.

Literatura

- Balcerowicz-Szkutnik M., 2015: Globalizacja i jej wpływ na współczesny rynek pracy – próba oceny, *Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach* 242, 24–25.
- Bendkowski J., 2013: Logistyka jako strategia zarządzania produkcją, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie* 63, 7–25.
- Bendkowski J., Matusek M., 2013: Logistyka Produkcji. Praktyczne aspekty. Cz. I, Politechnika Śląska, Gliwice.
- Benevides C., 2018: The Advantages and Disadvantages of Automated Guided Vehicles (AGVs), [źródło elektroniczne] <https://conveyco.com/advantages-disadvantages-automated-guided-vehicles-agvs> [dostęp: 20.05.2019].
- Börsch-Supan A., 2008: The Impact of Global Aging on Labor, Product and Capital Markets, *Population and Development Review* 34, 52–77.
- Censi A., 2008: An ICP variant using a point-to-line metric, [in:] *Robotics and Automation, IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, NY*, 19–25.
- Cieślakowski B., Frączek J., Krakowiak-Bal A., Woźniak A., Zielonka D., 2015: Struktura autonomicznego wózka transportowego, *Logistyka* 4, 2803–2811.
- Dobrzański P., 2016: Wykorzystanie robotów w procesach logistycznych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie* 99, 77–78.
- Feledy C., Schiller Luttenberger M., 2017: A State of the Art Map of the AGVS Technology and a Guideline for How and Where to Use It, Lund University, Lund.
- International Federation of Robots, 2018: Executive Summary World Robotics 2018, Frankfurt am Main.
- Jasiewicz J., Filiciak M., Mierzecka A., Śliwowski K., Klimczuk A., Kisilowska M., Tarkowski A., Zadrożny J., 2015: Ramowy katalog kompetencji cyfrowych, [źródło elektroniczne] https://cppc.gov.pl/images/uploads/zal.-13-Ramowy_katalog_kompetencji_cyfrowych.pdf [dostęp: 14.03.2018].
- Klimsara W.J., Pilat Z., 2006: Podstawy automatyki i robotyki, WSiP, Warszawa.
- Kozłowski R., Sikorski A., 2013: Nowoczesne rozwiązania w logistyce, Wolters Kluwer Polska.
- Kulik J., Wojtczak Ł., 2015: Światowe trendy robotyki a wyzwania technologiczne polskich MŚP, *Pomiary Automatyka Robotyka* 4, 79–86.
- Kurzacz T., 2017: Roboty współpracujące, *Główny Mechanik* 1, [źródło elektroniczne] <https://glowny-mechanik.pl/2017/08/21/roboty-wspolpracujace> [dostęp: 20.05.2019].
- Lambert F., 2016: Tesla Gigafactory: a look at the robots and ‘machine building the machine’ at the battery factory, [źródło elektroniczne] <https://electrek.co/2016/07/31/tesla-gigafactory-robots-machines-battery-factory> [dostęp: 31.05.2018].
- Magnuszewska A., 2019: Nie tylko widlaki, *Logistics Manager* 1, 109–114.
- Michalski K., 2017: Współczesne wyzwania wobec kształcenia w obszarze logistyki biznesowej, *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie, Ekonomika i Organizacja Logistyki* 2, 55–68.

- Michalski K., Gogołkiewicz M., 2019: Megatrendy rozwojowe współczesnej branży KEP, Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie, Polityki Europejskie, Finanse i Marketing [w druku].
- Odorzyńska E., 2000: Kategoria małych i średnich przedsiębiorstw w krajach Europy, *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw* 3, 9–12.
- Piątek Z., 2017: Nowoczesne roboty przejmują coraz więcej zadań, [źródło elektroniczne] https://automatykab2b.pl/tematmiesiaca/11215-nowoczesne-roboty?start=0#czesc_1_pojazdy_agv [dostęp: 19.03.2018].
- PPH WObit E.K.J. Ober, 2015: Robot AGV, *Automatyka* 3, 56.
- Roblek V., Meško M., Krapež A., 2016: A complexity view of Industry 4.0, *SAGE Open*, April–June, 1–11. DOI: 10.1177/2158244016653987
- Roland Berger, 2017: The Industrie 4.0 transition quantified. How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model, Roland Berger, Munich, [źródło elektroniczne] <https://www.rolandberger.com/en/Publications/The-Industrie-4.0-transition-quantified.html> [dostęp: 14.03.2018].
- Siemiątkowska B., Harasymowicz-Boggio B., 2014: Robot Kurier – prototyp inteligentnego wózka transportowego, *Logistyka* 4, 4084–4089.
- Słania J., Dziędziół R., 2015: Automatyzacja i robotyzacja procesu montażu i spawania profili walcowanych – cz. 1. Historia, *Przegląd Spawalnictwa* 1, 14–19.
- Sobaszek Ł., Gola A., Świć A., 2017: Kierunki rozwoju robotyki w aspekcie projektowania współczesnych systemów produkcyjnych, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Lublin, 460–471.
- Tyslik M., 2011: Logistyka zaopatrzenia integratorem szczupłej i wydajnej produkcji, [w:] J. Pyka (red.), *Nowoczesność przemysłu i usług. Koncepcje, metody i narzędzia współczesnego zarządzania*, TNOiK, Katowice, 386–399, [źródło elektroniczne] https://www.academia.edu/12394797/Logistyka_zaopatrzenia_integratorom_szczup%C5%82ej_i_wydajnej_produkcji_Logistyka_zaopatrzenia_integratorom_szczup%C5%82ej_i_wydajnej_produkcji [dostęp: 14.03.2018].
- Wojciechowski A., Wojciechowski Ł., 2002: Automatyzacja łańcuchów dostaw, *Logistyka* 3, 29–32.

Adres do korespondencji:

lic. Paulina Bednarz

(<https://orcid.org/0000-0001-8296-6949>)

Koło Naukowe Logistyki

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

e-mail: paulina.bednarz@op.pl

lic. Joanna Popiel

(<https://orcid.org/0000-0003-3696-0639>)

Koło Naukowe Logistyki

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

e-mail: asia-popiel@wp.pl