

Zastosowanie robotyki w magazynach

Adam Jardzioch*

Wprowadzenie

Z punktu widzenia logistyki magazyn jest ważnym elementem wpływającym na prawidłowe funkcjonowanie przedsiębiorstwa, w którym pojawia się konieczność tworzenia i zachowywania zapasów. Może to dotyczyć przedsiębiorstw produkcyjnych, w których istotne jest utrzymywanie na pewnym poziomie surowców lub innych zapasów w celu zachowania płynności produkcji. Mogą to też być przedsiębiorstwa handlowe, gdzie utrzymywanie zapasów wynika z potrzeby utworzenia buforu bezpieczeństwa, umożliwiającą zaspokojenie nieoczekiwanego popytu.

W dzisiejszych czasach można zauważyć, że konkurencja wśród przedsiębiorstw w różnych branżach jest coraz silniejsza, ponieważ oczekiwania klientów co do obsługi stale rosną. Aby sprostać tym wymaganiom, przedsiębiorstwa poszukują nowoczesnych, czasem innowacyjnych rozwiązań, by wyprzedzić konkurencję i móc zaspokoić potrzeby klientów zarówno finalnych, jak i ogniw w łańcuchu dostaw w większym stopniu niż inne podmioty. Przedsiębiorstwa, których ważnym elementem funkcjonowania są magazyny, poszukują rozwiązań zwiększających ich konkurencyjność poprzez usprawnianie realizacji procesów zachodzących w tej sferze działalności przedsiębiorstwa. Konkurowanie odbywa się również na płaszczyźnie ekonomicznej i wiąże się z poszukiwaniem rozwiązań, które mogłyby zredukować koszty ponoszone przez przedsiębiorstwa, wynikające z utrzymywania magazynów, zapasów oraz procesów w nich zachodzących.

Niektóre z tych przedsiębiorstw decydują się na wdrażanie robotyki do ich magazynów w celu zwiększenia swojej konkurencyjności w danej branży oraz usprawnienia funkcjonowania przedsiębiorstwa. Proces robotyzacji magazynów na świecie stopniowo się rozpędza i stawia przed logistyką nowe wyzwanie, które niesie ze sobą zarówno wiele korzyści, jak i zagrożeń wynikających ze stosowania

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania, Studenckie Koło Naukowe „Zarządzania Łańcuchem Dostaw”.

nowoczesnych technologii. W artykule wyjaśnione zostało, czym jest robotyka, jakie są przykłady zastosowania robotyki w magazynach oraz jej wpływ na przedsiębiorstwa posiadające magazyny oraz na procesy w nich zachodzące.

Definicje związane z robotyką i jej podział

Robotyka jest dziedziną nauki i techniki, która zajmuje się problematyką mechaniki, sterowania, projektowania i pomiarów, zastosowań oraz eksploatacji manipulatorów i robotów¹. Głównym celem stosowania robotyki jest ograniczenie lub zastąpienie roli człowieka w poszczególnych procesach robotami lub manipulatorami. Pozwala to na odciążenie pracownika w ciężkich fizycznych pracach lub też w procesach wymagających precyzji i szybkości działania. Istotą stosowania robotyki jest więc usprawnianie procesów zachodzących w poszczególnych przedsiębiorstwach i instytucjach, zwiększając tym samym efektywność realizowanych zadań, poprzez zwiększanie dokładności i redukcję ilości popełnianych błędów.

Z robotyką związane są dwie podstawowe definicje, czyli robot i manipulator. Robot to urządzenie techniczne przeznaczone do realizacji niektórych funkcji manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, posiadające określony poziom energetyczny, informacyjny i inteligencji maszynowej². Ostatni parametr należy rozumieć jako możliwość robota do autonomicznego funkcjonowania w określonym otoczeniu. Głównym parametrem odróżniającym roboty od manipulatorów jest mobilność. Roboty, jeśli ich budowa na to pozwala, potrafią poruszać się zarówno zdalnie, jak i autonomicznie, realizując funkcje lokomocyjne człowieka. Roboty różnią się od manipulatorów również tym, że są zdolne do samodzielnego pozyskiwania informacji z otoczenia oraz do ich przetwarzania. Manipulatory to mechanizm cybernetyczny przeznaczony do realizacji niektórych funkcji kończyny górnej człowieka³. Do funkcji tych zalicza się funkcja wyciągnięcia, czyli ruch ramienia na określoną odległość i w określonym zakresie, natomiast druga funkcja to funkcja manipulacyjna umożliwiająca chwytanie i przemieszczanie obiektów, a realizowana jest za pomocą efektora końcowego. Ważnym pojęciem związanym z tematem artykułu jest także automatyzacja, rozumiana jako ograniczanie bądź zastępowanie ludzkiej pracy, zarówno w sferze fizycznej, jak i umysłowej, poprzez wykorzystanie

1 A. Morecki, J. Knapczyk, *Podstawy robotyki*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993, s. 13.

2 *Ibidem*, s. 27.

3 T. Buratowski, *Teoria robotyki*, www.robotyka.com/teoria.php/teoria.5 [dostęp: 18.02.2020].

pracy maszyn⁴. Robotyzacja natomiast to podobny proces, w którym pracę ludzką zastępuje się pracą robotów⁵.

Podział robotyki jest dość klarowny, ponieważ kryterium klasyfikacji stanowi obszar zastosowania robotów i manipulatorów. Pierwsze dwa działy robotyki skupiają się na kwestiach czysto teoretycznych i kalkulacyjnych, a stanowią je robotyka teoretyczna i ogólna. Ich podstawą są tematy społeczno-ekonomiczne, prognoz, terminologii oraz badań związanych z wykorzystywaniem robotyki. Pozostałe działy są ukierunkowane na konkretne obszary zastosowań, wśród których wymienić można np.: robotykę medyczną, robotykę przemysłową, czy usługową. Dedykowane roboty i manipulatory dla poszczególnych obszarów różnią się wieloma parametrami, takimi jak: przestrzeń pracy, budowa, czy też mobilność.

Magazyn oraz magazynowanie

Magazyn to jednostka funkcjonalno-organizacyjna przeznaczona do magazynowania dóbr materialnych (zapasów) w wyodrębnionej przestrzeni budowli magazynowej według ustalonej technologii, wyposażona w odpowiednie urządzenia i środki techniczne do zarządzania i obsługiwanie przez zespół ludzi⁶. Inna definicja mówi o zaplanowanej przestrzeni przeznaczonej do przechowywania i manipulowania zapasami⁷. Magazyn, jako element przedsiębiorstwa, realizuje zadania związane z utrzymywaniem i regulowaniem odpowiedniej ilości zapasów oraz zapewnieniem ich jakości. Ponadto realizuje zadania związane z tworzeniem zestawów dóbr według zleceń klientów zewnętrznych, np. centrum dystrybucyjnego w łańcuchu dostaw. Według tych definicji magazynem jest więc obiekt, w którym zachodzą różne procesy związane z przyjmowaniem, przechowywaniem i wydawaniem zapasów oraz ich obsługą umożliwiającą zachowanie odpowiedniej jakości składowanych dóbr.

Wszystkie te czynności i procesy zachodzące w magazynie składają się na magazynowanie. Magazynowanie jest to zespół logistycznych czynności operacyjnych związanych z przyjmowaniem, składowaniem, kompletacją i wydawaniem

4 P. Kardasz, *Współczesna automatyzacja i robotyzacja a człowiek*, „Biuletyn Naukowy Wrocławskiej Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej. Informatyka” 2017, vol. 7, nr 2, s. 25–27.

5 A. Grycuk, *Klasyfikacja i rozwój regionalny. Klaster usług biznesowych w Krakowie*, Kraków 2017, s. 145–146.

6 Z. Dudziński, M. Kizyn, *Vademecum gospodarki magazynowej*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2002, s. 11.

7 M. Fertsch, *Słownik terminologii logistycznej*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2006, s. 97.

dóbr materialnych w odpowiednio przystosowanych do tego miejscach i przy spełnieniu określonych warunków organizacyjnych i technologicznych⁸. Magazynowanie jest przejrzyste podzielone na strefy o odrębnych zadaniach, ale przenikające się pod względem organizacyjnym i zależnościowym. Do stref tych zaliczamy strefy przyjmowania, składowania, kompletacji i wydawania. W każdej strefie wykorzystane są różnego rodzaju urządzenia infrastrukturalne, które wspierają realizację poszczególnych procesów, takie jak: regały, wózki paletowe, czy też układnice magazynowe. Magazynowanie odgrywa ważną rolę, zarówno w mikroekonomicznej perspektywie, wpływając na efektywność przedsiębiorstw i zwiększanie ich konkurencyjności na rynku, poprzez redukcję stanu zapasów, czy minimalizację cyklu realizacji zamówień, jak i w makroekonomicznej perspektywie, pozwalając na „tworzenie użyteczności czasu” zarówno dla surowców, półproduktów, jak i wyrobów gotowych⁹. Umożliwia to dostarczanie towarów do klientów finalnych w odpowiednim czasie i utrzymanie ich dostępności.

Przykłady zastosowania robotyki w magazynach

Zastosowanie robotów i manipulatorów w magazynach wiąże się z ich odpowiednim dopasowaniem do wymagań poszczególnych stref oraz procesów, jakie zachodzą w obszarach magazynowania. Dobrym przykładem zastosowania robotyki w magazynach są roboty mobilne. Pozwalają one na przemieszczanie zapasów w postaci jednostek magazynowych po przestrzeni magazynowej z punktu A do punktu B. Roboty mobilne dzielą się na dwie kategorie – AMR i AGV. AGV (*Automated Guided Vehicle*) to roboty mobilne poruszające się po ustalonych ścieżkach, które mają postać pasków magnetycznych¹⁰. Jest to droga odgórnie zaplanowana i zbudowana z głównej drogi i bocznic, które są miejscami docelowymi oznaczonymi tagami RFID. Robot porusza się po trasie do momentu, w którym odbierze sygnał tagu RFID i znajdzie swoją destynację końcową, w której czeka, aż do jego bazy danych wpłynie kolejne zlecenie przemieszczenia zapasów.

Bardziej rozwiniętą odmianą AGV są roboty AMR¹¹ (*Autonomous Mobile Robot*). Posiadają one skanery i kamery oraz sensory umożliwiające pozyskiwanie pełnej informacji w czasie rzeczywistym o otoczeniu, w którym znajduje się robot. Dzięki takim informacjom AMR potrafi poruszać się po powierzchni

8 Z. Korzeń, *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania*, t. 2, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 1999, s. 75.

9 J. Coyle, E. Bardi, J. Langley Jr., *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002, s. 313.
10 <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Robotyka/Robot-AGV> [dostęp: 18.02.2020].

11 M. Wiśniowski, *AGV, AMR, AIV, roboty i wózki widłowe*, <https://automatykab2b.pl/raporty/51097-roboty-wspolpracujace-coboty-agv-roboty-rynek/strona/4> [dostęp: 18.02.2020].

magazynowej w pełni autonomicznie i reagować na zmieniające się otoczenie czy też pojawiające się przeszkody. Ponadto robot sam wyznacza optymalną trasę i porusza się nią do destynacji finalnej, gdzie następnie, podobnie jak AGV, odczytuje miejsce docelowe i czeka na kolejne zlecenie. Oba rodzaje robotów są sprzężone z systemem WMS, więc wszelkie zmiany stanu zapasów czy też ich położenia są aktualizowane w systemie.

W sferze kompletacji sprawdza się robot pakujący FANUC, który posiada czujniki i systemy wizyjne umożliwiające lokalizowanie opakowań, produktów pakowanych oraz miejsc odkładczych. Ponadto posiada czujnik siłowy, który umożliwia dokładne i precyzyjne pakowanie bez uszkodzeń produktów. Robot ma postać ramienia z efekтором końcowym umożliwiającym obracanie paczki, chwytanie produktu oraz zamykanie opakowania. Powszechnie uważa się, że rozważane powyżej typy robotów to tylko początek, który stanowi tymczasowe rozwiązanie w kierunku ostatecznego celu, jakim jest całkowita automatyzacja praktyk magazynowych¹². W przyszłym scenariuszu po otrzymaniu zamówienia z systemu zarządzania magazynem, roboty automatycznie zlokalizują, odbiorą i przetransportują wymagane przedmioty do stacji, gdzie inne roboty, np. coboty, zapakują je do wysyłki i dostawy¹³.

Dane liczbowe dotyczące stosowania robotyki w magazynach

W analizie danych związanych ze stosowaniem robotyki w magazynach można wziąć pod uwagę dwie wielkości – wartość rynku robotyki usługowych oraz ilość sprzedanych sztuk robotów usługowych. Według danych z dnia 18 września 2019 r. ze strony internetowej International Federation of Robotics¹⁴, w logistyce w 2018 r. wdrożono na świecie 111 tys. robotów, co w stosunku do roku poprzedniego daje 60-procentowy wzrost. Wartościowo w 2018 r. rynek robotyki dla logistyki wynosił 3,7 mld USD, gdzie rok poprzedni to 2,4 mld USD, co daje 54-procentowy wzrost. Są to dane ogólne dla całego obszaru logistyki na świecie, lecz widać tendencję rosnącą. Według prognoz wynikających z tych danych w 2020 r. sprzedaż robotów w obszarze logistyki ma wzrosnąć dwukrotnie do wielkości 279 tys. sztuk. Trend rosnący ma się utrzymywać, z roku na rok zwiększając ilość sprzedanych robotów.

12 R. Bogue, *Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market*, „Industrial Robot: An International Journal” 2016, no. 43/6, s. 583–587.

13 *Ibidem*.

14 www.ifr.com [dostęp: 18.02.2020].

Zbieżne dane pochodzą z raportu ze strony internetowej Tractica¹⁵ z pierwszego kwartału 2019 r., według których w 2018 r. łączna ilość sprzedanych robotów do obszaru logistyki i magazynowania wynosiła 194 tys. sztuk, a wartość tej sprzedaży wynosiła 8,3 mld USD. Specjaliści, autorzy tego raportu, prognozują, że w ciągu 5 lat do 2022 roku sprzedaż robotów do tego obszaru wzrośnie do 298 tys. sztuk, a wartość sprzedaży aż do 30 mld USD. Według analiz IFR największym zainteresowaniem w 2018 roku cieszyły się roboty mobilne, a ilość sprzedanych sztuk do obszaru logistyki i magazynowania w stosunku do pozostałych robotów wynosiła 41%. Na całym świecie sprzedaż robotów wyniosła 422 tys. sztuk, co dało 6-procentowy wzrost w stosunku do roku poprzedniego.

Dzieląc zapotrzebowanie na roboty według kryterium geograficznego, to liderem wśród kontynentów jest Azja, która w 2018 r. była nabywcą 283 tys. sztuk robotów, Europa 76 tys. i Ameryka 55 tys. sztuk zakupionych robotów. Według informacji z IFR, nabywcą największej ilości sztuk robotów w 2018 r. były Chiny z wynikiem 154 tys. sztuk. Na drugim miejscu uplasowała się Japonia z prawie trzykrotnie mniejszym wynikiem, bo 55 tys. sztuk. Na trzecim miejscu były Stany Zjednoczone, które nabyły 40,4 tys. sztuk robotów. Te dane ujawniają, że głównymi nabywcami są kraje będące potęgami przemysłowymi, które wdrażają robotykę do obszarów działalności w celu zwiększenia wydajności krajowych przedsiębiorstw. Zebrane tutaj informacje ukazują rosnące zapotrzebowanie na robotyzację magazynów oraz procesów zachodzących w magazynach. Przedsiębiorstwa i instytucje są coraz bardziej świadome tego, że podnoszenie swojej konkurencyjności oraz usprawnianie realizacji procesów i zadań wiąże się z zastosowaniem nowoczesnych technologii, co widać w przedstawionych danych.

Korzyści ze stosowania robotyki w magazynach

Ze stosowania robotyki w magazynowaniu płynie wiele korzyści. Nawiązując do przypadku Amazona¹⁶, który w 2012 r. nabył roboty firmy Kiva za 775 mln dolarów, można zauważyć, że ten wydatek bardzo opłacił się amerykańskiemu przedsiębiorstwu. Od 2014 r. w ciągu dwóch lat 30 tys. robotów wykorzystywanych w 13 magazynach zredukowało czas procesu realizacji zamówienia z 60 do 15 minut. Jest to bardzo dobry wynik dla firmy oraz bardzo dobry znak dla robotyki.

15 *Warehousing and Logistics Robots Mobile Robot Platforms, Shuttle Automated Storage and Retrieval Systems, Industrial Robotic Manipulators, and Gantry Robots: Global Market Analysis and Forecasts*, www.tractica.com [dostęp: 18.02.2020].

16 E. Kim, *Amazon's \$775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart*, www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6?IR=T [dostęp: 19.02.2020].

Oprócz redukcji czasu poszczególnych operacji logistycznych, wdrożenie przez Amazona robotów miało pozytywne skutki finansowe w tej długofalowej inwestycji. Było to spowodowane lepszym zagospodarowaniem powierzchni magazynowej, które przełożyło się na oszczędności o 50%. Według prognoz na podstawie statystyk Amazon, wprowadzając roboty do wszystkich 110 magazynów, mogłby zaoszczędzić 800 mln dolarów. Innym przykładem stosowania nowoczesnych technologii w logistyce jest chińska firma Alibaba, która w 2017 r. otworzyła swój pierwszy inteligentny magazyn, wykorzystując 60 autonomicznych robotów – Vermillon Bird. Funkcjonowanie inteligentnych regałów oraz Szkarłatnych Ptaków oparte jest na technologii Wi-Fi, przez którą przesyłane są zamówienia. Urządzenia zbierają towary z ponad 32 tys. półek, zwiększając wydajność magazynu trzykrotnie.

Roboty mogą również wykonywać zadania związane z pakowaniem i paletyzowaniem. Przykładem jest robot marki Fanuc, który wykorzystywany jest przez Cukrownię Strzyżów, w której zastąpił pracowników fizycznych. Robot pozwala na dokładne i bezpieczne układanie w stos worków 25 kg i 50 kg na palecie. Dzięki zastosowaniu robota w tym przedsiębiorstwie możliwe jest zaoszczędzenie oraz lepsze wykorzystanie przestrzeni magazynowej. Ponadto wdrożenie robota Fanuc zwiększyło wydajność do 250–400 cykli na dobę¹⁷. Przykładem zastosowania robotów pakujących jest firma JBB Bałdyga, która w swojej pakowni posiada 17 linii automatycznych i półautomatycznych zintegrowanych z automatyczną zamykarką. Przez nią przekazywane są sygnały, które dostarczają robotom informacje, jaki produkt będzie pakowany, a te automatycznie przeobrażają się na pakowanie różnych rodzajów produktów. Dzięki wykorzystaniu tych nowoczesnych technologii w JBB każdej godziny pakowane jest 1500–1700 produktów¹⁸.

Podsumowanie

Wiele magazynów na świecie jest wciąż niezrobotyzowanych. Dzieje się tak, ponieważ robotyka wiąże się z dużymi inwestycjami, na które nie każde przedsiębiorstwo może sobie pozwolić. Obecnie najliczniejszą grupę wykorzystującą robotykę w magazynach stanowią liderzy w swoich branżach, czyli DHL, UPS i FedEx w branży KEP (usługi kurierskie, ekspresowe i paczkowe), czy też

17 W. Kaczmarek, J. Panasiuk, *Roboty przemysłowe w wybranych aplikacjach*, www.controlenigineering.pl/roboty-przemyslowne-w-wybranych-aplikacjach/ [dostęp: 19.02.2020].

18 M. Kania, *Przemysł 4.0. Roboty wkraczają do przedsiębiorstw*, <https://wyborcza.pl/Jutronauci/7,165057,25436957,przemysl-4-0-roboty-wkraczaja-do-przed-siębiorstw.html?disableRedirects=true> [dostęp: 19.02.2020].

Amazon i Alibaba w branży e-commerce. Na podstawie analiz raportów i statystyk wywnioskowano, że ilość robotów i systemów wykorzystywana w magazynach będzie cały czas rosła, nawet jeśli ten wzrost będzie powolny. Jest to ściśle związane z nadążaniem za potrzebami coraz bardziej świadomych klientów, zarówno finalnych, jak i instytucjonalnych, w łańcuchu dostaw wymagających szybkich realizacji zamówień.

Wdrażanie robotyki do magazynów wiąże się z wieloma korzyściami, takimi jak skracanie czasu realizacji zamówień oraz redukcja kosztów związanych z utrzymaniem zapasów, jednakże pojawiają się również obawy. Są to głównie obawy o charakterze społecznym, mianowicie pracownicy fizyczni boją się redukcji miejsc pracy oraz masowych zwolnień. Nawiązując jednak do artykułu *Przemysł 4.0. Roboty wkraczają do przedsiębiorstw* ze strony internetowej Wyborcza.pl¹⁹, umiejętnie przeprowadzona robotyzacja magazynu nie pozbawi ludzi pracy, lecz stworzy nowe stanowiska, które wymagać będą przekwalifikowania. Nastąpi więc zmiana charakteru pracy z fizycznej na umysłową, w której ważne będą umiejętności techniczne i informatyczne, wykorzystywane do obsługi i programowania nowoczesnych technologii. Ponadto wdrażane są stopniowo odmiany robotów, zwane kobotami, które współpracują z człowiekiem, wyręczając go z niektórych obowiązków, jednocześnie usprawniając jego pracę, a nie wykluczając go.

Podsumowując, można wywnioskować, że robotyzacja magazynów jest nieuniknionym elementem rozwoju przedsiębiorstw, które chcą nadążać za trendami pojawiającymi się na rynku oraz chcą tworzyć fundamenty do wejścia w Przemysł 4.0, który z całą pewnością jest kluczem do rozwoju firm oraz zwiększania ich konkurencyjności na rynku, a także umacniania swojej pozycji, nie tylko w perspektywie krajowej, ale i globalnej. Robotyka w magazynach jest więc ścieżką ku przyszłości logistyki.

Bibliografia

- Bogue R., *Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market*, „Industrial Robot: An International Journal” 2016, no. 43/6.
- Coyle J., Bardi E., Langley Jr. J., *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002.
- Dudziński Z., Kizyn M., *Vademecum gospodarki magazynowej*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2002.
- Fertsch M., *Słownik terminologii logistycznej*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2006.

¹⁹ *Ibidem*.

- Grycuk A., *Klasyfikacja a rozwój regionalny. Klaster usług biznesowych w Krakowie*, Kraków 2017.
- Kaczmarek W., Panasiuk J., *Roboty przemysłowe w wybranych aplikacjach*, www.controlengineering.pl/roboty-przemyslowne-w-wybranych-aplikacjach/ [dostęp: 19.02.2020].
- Kania M., *Przemysł 4.0. Roboty wkraczają do przedsiębiorstw*, <https://wyborcza.pl/Jutronauci/7,165057,25436957,przemysl-4-0-roboty-wkraczaja-do-przedsiębiorstw.html?disableRedirects=true> [dostęp: 19.02.2020].
- Kardasz P., *Współczesna automatyzacja i robotyzacja a człowiek*, „Biuletyn Naukowy Wrocławskiej Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej. Informatyka” 2017, vol. 7, nr 2.
- Kim E., *Amazon's \$775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart*, www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6?IR=T [dostęp: 19.02.2020].
- Korzeń Z., *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania*, t. 2, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 1999.
- Morecki A., Knapczyk J. (red.), *Podstawy robotyki*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993.
- Warehousing and Logistics Robots Mobile Robot Platforms, Shuttle Automated Storage and Retrieval Systems, Industrial Robotic Manipulators, and Gantry Robots: Global Market Analysis and Forecasts*, www.tractica.com.
- Wiśniowski M., *AGV, AMR, AIV, roboty i wózki widłowe*, <https://automatyka2b.pl/raporty/51097-roboty-wspolpracujace-coboty-agv-raport-rynek/www.automatykaonline.pl> [dostęp: 18.02.2020].
- <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Robotyka/Robot-AGV> [dostęp: 19.02.2020].