

Sylwia Matyszkiewicz

II rok Logistyka Inżynierska
Wydział Ekonomii, Finansów i Zarządzania
Uniwersytet Szczeciński

ANALIZA FUNKCJONOWANIA MAGAZYNÓW, CHARAKTERYSTYKA MAGAZYNÓW I MOŻLIWOŚCI INTENSYFIKACJI PROCESÓW W NICH REALIZOWANYCH Z WYKORZYSTANIEM INTELIWENTNYCH SYSTEMÓW AUTOMATYZACJI W ZAKRESIE MANIPULACJI I TRANSPORTU

Wstęp

Magazyny odgrywają kluczową rolę w efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw i gospodarką logistyczną¹, która dotyczy zarządzania i optymalizacji procesów magazynowych i transportowych za pomocą inteligentnych systemów automatyzacji. Ich funkcjonowanie ma bezpośredni wpływ na koszty, jakość i terminowość obsługi klientów. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na szybsze, tańsze i bardziej elastyczne usługi logistyczne, magazyny stają przed wyzwaniami związanymi z optymalizacją przestrzeni, zwiększeniem wydajności, redukcją błędów i poprawą bezpieczeństwa. W miarę rozwoju technologii, coraz większą uwagę zwraca się na zastosowanie inteligentnych systemów automatyzacji w magazynach, które mogą znacznie zwiększyć efektywność operacji manipulacyjnych i transportowych. Analiza funkcjonowania magazynów dotyczy badania różnych aspektów działania magazynu, biorąc pod uwagę proces magazynowy i wykonywane w jego poszczególnych fazach (przyjęć, składowania, kompletacji i wydań) czynności w celu odpowiedniego zaprojektowania, dla realizacji określonych rozwiązań w zakresie automatyzacji manipulacji i transportu magazynowego, aby zrozumieć, jak można go zoptymalizować i usprawnić. Niniejszy artykuł skupi się na analizie funkcjonowania magazynów oraz omówi możliwości intensyfikacji procesów przy użyciu nowoczesnych technologii informacyjnych oraz automatyzacji i robotyzacji.

1 N. Stępnicka, P. Bąkowska, *Zarządzanie logistyczne i gospodarka magazynowa w przedsiębiorstwach – wybrane aspekty teoretyczne*, Studia i materiały. Miscellanea Oeconomicae, nr 2, 2013, s. 1-2.

1. Charakterystyka magazynów

Magazyn „stanowi jednostkę organizacyjną przeznaczoną do przechowywania dóbr materialnych czasowo wyłączonych z ruchu w kanałach logistycznych”². Może występować w postaci budowli magazynowych, których celem jest magazynowanie zapasów przedsiębiorstwa. Budowle różnią się od siebie rodzajem, wielkością, parametrami konstrukcyjnymi, a także parametrami użytkowymi, a wynika to między innymi z:

- typu towarów, które mają być magazynowane,
- czasu, w którym mają być magazynowane,
- rotacji towarów w magazynie,
- stopnia gotowości towarów do poddania ich manipulacjom zmechanizowanym,
- automatyzacji procesów magazynowych³.

Magazyny są miejscami skoncentrowanymi na przechowywaniu, sortowaniu i dystrybucji towarów. W ich funkcjonowaniu kluczową rolę odgrywają procesy manipulacyjne, takie jak załadunek i rozładunek, oraz transport wewnętrzny. Tradycyjne metody wykonywania tych zadań są czasochłonne i podatne na ludzkie błędy.

2. Inteligentne systemy automatyzacji w magazynach

Inteligentne systemy automatyzacji w zakresie manipulacji i transportu to systemy, które wykorzystują nowoczesne technologie informatyczne, komunikacyjne i automatyczne, aby poprawić bezpieczeństwo, wydajność i jakość procesów logistycznych. Przykładami takich systemów są:

- Automatyczne systemy magazynowania, które umożliwiają szybkie i dokładne pobieranie i odkładanie ładunków na regałach, np. układnice paletowe, system Pallet Shuttle, układnice pojemnikowe.
- Automatyczne systemy transportu, które przyspieszają przemieszczanie produktów między różnymi strefami magazynu, np. systemy przenośników, systemy transportu szynowego, drony, pojazdy AGV i LGV.
- Automatyczne systemy przygotowywania zamówień, które ułatwiają operatorom kompletację produktów, np. systemy pick-by-light, pick-by-voice, roboty przemysłowe, stacje kompletacji.

2 C. Skowronek, Z. Sarjusz-Wolski, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 2012, s. 19.

3 E. Gołomska, *Kompendium wiedzy o logistyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, s. 83.

- Systemy zarządzania magazynem (WMS), które koordynują wszystkie procesy zachodzące w magazynie, od przyjęcia towaru po wysyłkę zamówień, np. oprogramowanie Easy WMS firmy Mecalux.
- Systemy sterowania magazynem (WCS), które zapewniają prawidłową komunikację i współpracę między systemami WMS a automatycznymi urządzeniami magazynowymi⁴.

2.1. System Pallet Shuttle

System Pallet Shuttle przedstawiony na rysunku 1. to półautomatyczny system magazynowania palet, który pozwala na optymalne wykorzystanie przestrzeni i zwiększenie wydajności, poprzez np. wykorzystanie wózków Pallet Shuttle, które automatycznie przesuwają palety do przodu, dzięki czemu wózek widłowy nie musi wyjeżdżać z korytarza, aby rozładować lub załadować paletę stojącą z tułu. System ten składa się z regałów z kanałami towarowymi, w których porusza się wózek elektryczny, który odkłada i pobiera palety zgodnie z poleceniami operatora. Operator steruje wózkiem za pomocą tabletu, a wózek widłowy wprowadza i wywozi wózek Pallet Shuttle z regału. System pokazany na rysunku 1. umożliwi składowanie większej liczby palet na mniejszej powierzchni, ograniczenie czasu i kosztów obsługi, a także pracę w trybie FIFO lub LIFO. Samo zastosowanie automatyki, bez przeprowadzenia tzw. „prób pod obciążeniem”, tzn. podczas pracy danego systemu, może wskazać błędnie tylko tzw. wydajność mechaniczną, a nie realną dotyczącą procesów magazynowych. Uwarunkowane to może być zarówno zaprojektowaniem powierzchni magazynowej, przyjętym systemem składowania produktów oraz algorytmami sterującymi oprogramowaniem klasy WMS (SZM – System Zarządzania Magazynem).



Rysunek 1. System Pallet Shuttle

Źródło: Fobas, www.fobas.pl (dostęp: 29.02.2024).

⁴ R. Meller, M. Meller, *The Impact of Warehouse Automation on Supply Chain Performance*, Journal of Business Logistics, nr 4, 2019, s. 10-11.

System Pallet Shuttle znajduje najczęstsze zastosowanie w magazynach o dużej pojemności, w magazynach z dużą rotacją towarów, w magazynach z dużą liczbą produktów o średniej lub szybkiej rotacji oraz chłodniach, ponieważ System Pallet Shuttle może działać w mroźniach o temperaturze do -30°C .

2.2. Urządzenia AGV i LGV

Urządzenia AGV i LGV to rodzaje automatycznych wózków transportowych, które poruszają się po wyznaczonych trasach bez udziału operatora. AGV (Automated Guided Vehicle) to pojazdy sterowane za pomocą przewodów magnetycznych umieszczonych w podłodze, natomiast LGV (Laser Guided Vehicle) to pojazdy sterowane za pomocą sygnałów laserowych odbijających się od odblasków rozmieszczonych w magazynie⁵. Urządzenia przedstawione na rysunkach 2. i 3. usprawniają procesy magazynowe, manipulacyjne i transportowe, ponieważ zwiększają wydajność, bezpieczeństwo i elastyczność transportu wewnętrznego. Urządzenia AGV i LGV mogą obsługiwać różne rodzaje ładunków, takie jak palety, pojemniki, zwoje czy ładunki wielkogabarytowe. Urządzenia pokazane na rysunkach 2. i 3. są częścią koncepcji przemysłu 4.0 i współpracują z innymi systemami automatyzacji magazynowej.



Rysunek 2. Pojazdy sterowane automatyczne (AGV)



Rysunek 3. Pojazdy sterowane laserowo (LGV)

Źródło: Rysunek 2. i 3. Mecalux, www.mecalux.pl (dostęp: 29.02.2024).

Urządzenia AGV i LGV znajdują najczęstsze zastosowanie w magazynach o dużej pojemności, branżach produkcyjnych (halach produkcyjnych), branżach spożywczych (przetwórstwie spożywczym), branży automotive (przemysłu

⁵ R. Meller, M. Meller, *The Impact of Warehouse Automation on Supply Chain Performance*, Journal of Business Logistics, nr 4, 2019, s.15-16.

samochodowym) oraz branżach logistycznych, w centrach logistycznych i magazynach logistycznych do transportu towarów na wyznaczonych trasach i łączenia operacji magazynowych.

2.3 Systemy Pick-by-light, Pick-by-voice oraz roboty przemysłowe

System Pick-by-light polega na wykorzystaniu podświetlanych paneli, które wskazują operatorowi, z którego miejsca w regale ma pobrać produkt i ile jednostek ma wyjąć. Po wykonaniu zadania, operator potwierdza operację naciskając przycisk, a system WMS (Warehouse Management System) otrzymuje informację o zakończeniu kompletacji. System ten pozwala na szybszą i dokładniejszą kompletację, ograniczenie dokumentacji papierowej i zmniejszenie ryzyka błędów.

System Pick-by-Voice polega na wykorzystaniu komunikacji głosowej między operatorem a systemem WMS. Operator otrzymuje za pomocą zestawu słuchawkowego z mikrofonem instrukcje dotyczące kompletacji, a następnie przekazuje do mikrofonu kod kontrolny lokacji i liczbę pobranych produktów. System WMS weryfikuje poprawność danych i przesyła kolejne zadanie. System ten pozwala na zwiększenie wydajności i bezpieczeństwa kompletacji, ponieważ operator ma wolne ręce i oczy, a także ogranicza liczbę błędów dzięki technologii rozpoznawania i syntezy mowy.

Roboty przemysłowe to system, który polega na wykorzystaniu maszyn sterowanych komputerowo, które mogą wykonywać różne zadania w magazynie, takie jak transport, składowanie, kompletacja, sortowanie czy pakowanie towarów. Roboty przemysłowe mogą być wyposażone w różne narzędzia, takie jak chwytaki, widły, przenośniki czy skanery. System ten pozwala na zwiększenie wydajności i jakości procesów magazynowych, redukcję kosztów pracy i zużycia energii, a także poprawę ergonomii i bezpieczeństwa pracy.

Systemy Pick-by-light, Pick-by-voice oraz roboty przemysłowe są szeroko stosowane w różnych rodzajach magazynów, branżach i dla różnego rodzaju produktów. Najczęstsze zastosowanie znajdują w magazynach o dużej przepustowości, w branżach logistycznych (wykorzystywane do szybkiego i precyzyjnego kompletowania zamówień) oraz do obsługi różnych form produktów i opakowań tj. pudełka, pojemniki, palety itp⁶.

2.4. WMS a Easy WMS

WMS to skrót od Warehouse Management System, czyli systemu zarządzania magazynem. System WMS to specjalistyczne oprogramowanie skoncentrowane na zarządzaniu operacjami magazynowymi. Jest to system, który

6 D. Biniasz, *Rola i funkcje transportu wewnętrznego małych przedsiębiorstw produkcyjnych – studium przypadku*, Logistyka, nr 3, 2014, s. 533-534.

wspiera 3 kluczowe procesy logistyczne: przyjęcie, kompletację i wydanie. WMS usprawnia również kontrolę stanów magazynowych, proces inwentaryzacji i skutecznie monitoruje wszystkie działania na magazynie niezależnie od jego typu i układu. System umożliwia kontrolę, optymalizację procesów i operacji magazynowych, takich jak przyjęcia, składowania, kompletacji i wysyłki towarów. WMS pomaga zwiększyć wydajność, jakość i bezpieczeństwo pracy w magazynie, a także zmniejszyć koszty i błędy. WMS umożliwia odpowiednie rozplanowanie i zorganizowanie przestrzeni magazynowej, aby zmaksymalizować jej wykorzystanie. Ponadto system pozwala na ciągłe monitorowanie stanu zapasów w magazynie, co ułatwia zarządzanie poziomami zapasów tak, aby uniknąć niedoborów lub nadmiaru produktów.

Easy WMS to nazwa systemu WMS opracowanego przez firmę Mecalux, która jest jednym z liderów w branży logistycznej i magazynowej. Easy WMS to potężne, elastyczne i skalowalne oprogramowanie, które dostosowuje się do potrzeb każdego magazynu, niezależnie od jego wielkości, typu i sektora. Easy WMS może kontrolować magazyn obsługiwany ręcznie, mieszany magazyn lub duży magazyn zautomatyzowany z tą samą wydajnością. System ten ma zdolność do dostosowywania się do zmian wynikających z nowych technologii, zmieniającego się popytu, wyższych sprzedaży itp. Oferuje wysokiej jakości obsługę klienta, z dostawami na czas, które są wolne od błędów oraz pozwala na maksymalne wykorzystanie dostępnej przestrzeni magazynowej (o – do 40%). Dzięki automatyzacji procesów, system ten pozwala na znaczne przyspieszenie operacji magazynowych, redukując jednocześnie błędy i koszty (o – do 30%). System ten pozwala na znaczne zmniejszenie błędów, co przekłada się na większą efektywność i mniejsze koszty (do 99 %).

Easy WMS ma wiele funkcji, takich jak obsługa wielu właścicieli, wielu lokalizacji i wielu języków, integracja w chmurze lub na serwerze lokalnym, a także opcja dodawania modułów dodatkowych takich jak Labor Management System, Multi Carrier Shipping Software czy Supply Chain Analytics Software⁷.

2.5. System WCS

WCS (Web Coverage Service) to międzynarodowy standard udostępniania danych przestrzennych w Internecie w postaci rastrowej. Jest to usługa pobierania danych przestrzennych (usługa sieciowa), zapisanych w modelu rastrowym, takich jak np. ortofotomapa czy dane numerycznego modelu terenu. Wykorzystując usługę WCS, użytkownik pobiera dane w postaci rastra, który dalej może wykorzystywać zgodnie ze swoimi potrzebami w kontekście

7 J.M. Bartholdi III, S.T. Hackman, *Warehouse & Distribution Science*, The Georgia Institute of Technology, USA 2016, s. 47.

planowania przestrzeni magazynowej, optymalizacji tras czy zarządzania zapasami. System WCS pozwala użytkownikowi na wybranie obszaru, rozdzielczości i formatu danych, które chce pobrać.

Dane przestrzenne mogą pomóc w optymalnym rozmieszczeniu towarów w magazynie, uwzględniając wymiary fizyczne magazynu i produktów, w planowaniu najkrótszych tras dla wózków widłowych lub robotów magazynowych, co przekłada się na szybsze i bardziej efektywne operacje magazynowe oraz w monitorowaniu położenia towarów w magazynie, co ułatwia zarządzanie zapasami i szybkie lokalizowanie produktów. W ten sposób, system WCS i dane przestrzenne mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności i wydajności operacji magazynowych⁸.

3. Przykładowe zastosowanie systemów automatyzacji w logistyce

Technologie immersyjne (Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality i Assisted Reality) mają zastosowanie w przemyśle dzięki usłudze IBM Lab Service (stworzonej we współpracy z firmą DAQRI), która wykorzystuje rozszerzoną rzeczywistość. Kask z cyfrową warstwą 3D pozwala na wizualizację i manipulowanie istniejącą infrastrukturą, a w mniej wymagających sytuacjach wystarczą okulary. IBM ma też partnerów produkujących inteligentne: odzież i sprzęt roboczy (Smart Cone czy GuardHat).

Wykorzystanie przemysłowego Internetu Rzeczy (Internet of Things) w fabrykach sprawia, że mogą one na bieżąco śledzić i poprawiać procesy produkcyjne oraz planować konserwację i serwis, co zapewnia mniejsze ryzyko awarii i przestoju. System ERP (Enterprise Resource Planning) integruje zarządzanie zasobami i energią oraz ulepsza procesy produkcyjne. Systemy CRM (Customer Relationship Management) natomiast pozwala na tworzenie automatycznych systemów obsługi klienta w czasie rzeczywistym, dostosowanych do ich potrzeb i preferencji.

Turecka fabryka Hugo Boss w Izmirze to przykład przekształcenia tradycyjnej produkcji w nowoczesną inteligentną fabrykę (smart factory). Przedsiębiorstwo zatrudnia 4000 pracowników. Oprócz robotyzacji i automatyzacji wprowadza systemy oparte na sztucznej inteligencji (artificial intelligence – AI), które analizują dane zebrane z 1600 tabletek rozmieszczonych w fabryce w celu usprawnienia procesów zarządzania maszynami, zasobami i procesami w czasie rzeczywistym. Klienci mogą dzięki temu wprowadzać zmiany w zamówionej przez siebie kolekcji poprzez wykorzystanie modeli cyfrowych bliźniaków. Szybka i precyzyjna komunikacja i współpraca z klientem,

8 D. Simchi-Levi, E. van der Laan, *MIT Sloan Management Review*, Operations Rules: Delivering Customer Value through Flexible Operations, nr 1, 2011, s. 37-38.

uwzględniająca jego preferencje, pozwala skrócić czas przygotowania produktów z sześciu miesięcy do sześciu tygodni.

4. Zalety i wady inteligentnych systemów automatyzacji

W tabeli 1 zawarte zostały najważniejsze zalety i wady inteligentnych systemów automatyzacji wykorzystywanych w magazynie, podczas prac logistycznych i manipulacyjnych wraz z przykładami, wynikającymi z wybranych zalet i wad.

Tabela 1. Zalety i wady inteligentnych systemów automatyzacji

ZALETY	PRZYKŁADY	WADY	PRZYKŁADY
Usprawnienie procesów produkcyjnych	Dzięki automatyzacji, fabryki działają znacznie bardziej efektywnie.	Wysoki koszt inwestycji	Nowoczesne maszyny i linie produkcyjne są bardzo drogie.
Zwiększenie efektywności produkcji	W krótszym czasie są w stanie wyprodukować o wiele więcej.	Koszty eksploatacji	Urządzenia trzeba poddawać regularnemu serwisowaniu i naprawom.
Ograniczenie ilości pracowników	W niektórych przypadkach maszyny niemal całkowicie mogą zastąpić pracowników.	Czas i koszty wdrożenia	Wdrożenie nowych rozwiązań wymaga czasu oraz przeszkolenia osób.
Poprawa jakości produkcji	Urządzenia automatyzujące pracę nie odczuwają zmęczenia i znużenia.	Ryzyko błędów	Może się zdarzyć, że w czasie pracy maszyny pojawi się jakiś błąd.
Lepsza kontrola jakości	Automatyzacja umożliwia dokładniejszą obserwację procesów produkcji i kontrolę nad nimi.	Zagrożenie dla prywatności i bezpieczeństwa	Sztuczna inteligencja może stanowić zagrożenie dla prywatności i bezpieczeństwa.
Zwiększenie bezpieczeństwa	Urządzenia automatyzujące nie są narażone na niebezpieczeństwo utraty zdrowia tak jak człowiek.	Brak możliwości adaptacji	Roboty nie są w stanie dostosować się do zmieniających się warunków tak jak człowiek.

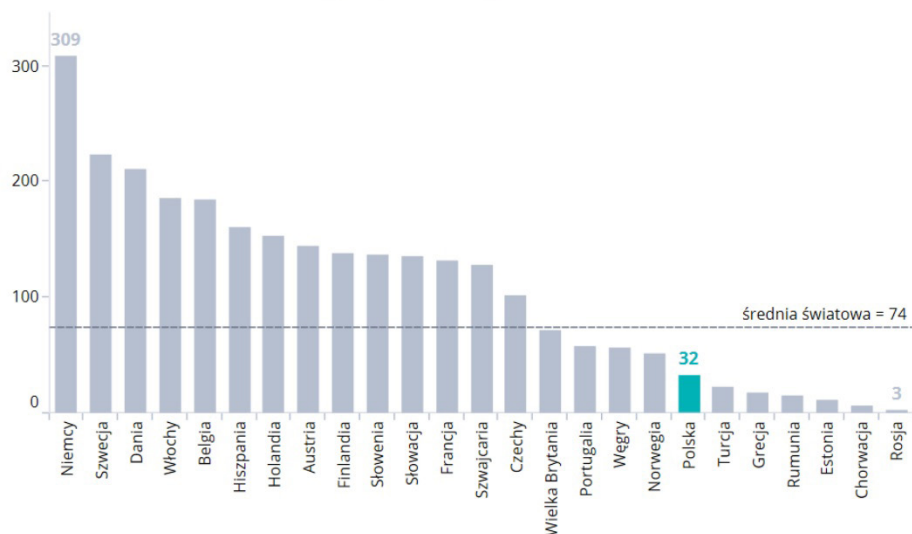
Źródło: Opracowanie własne.

5. Zmiany w gęstości robotyzacji i automatyzacji w magazynach na świecie

Innowacje i postęp technologiczny, robotyzacja i digitalizacja to mega trendy, których waga w czasie pandemii jeszcze bardziej się uwypukliła. Pandemia wyraźnie pokazała jak ważna dla ciągłości biznesu może być robotyzacja i digitalizacja. Robotyzacja stanowi też jeden z czynników poprawy produktywności i budowy potencjału gospodarczego. Szczególnie w obliczu niekorzystnych zmian demograficznych i kurczącego się kapitału pracy, które obniżają potencjał gospodarek.

Liczba zainstalowanych robotów przemysłowych na 10 tys. pracowników w sektorze produkcyjnym w krajach europejskich w 2016 r.
Źródło: International Federation of Robotics, *How robots conquer industry worldwide*. IFR Press Conference, Frankfurt 2017, https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf.

(graf. „Gospodarka cyfrowa...”)



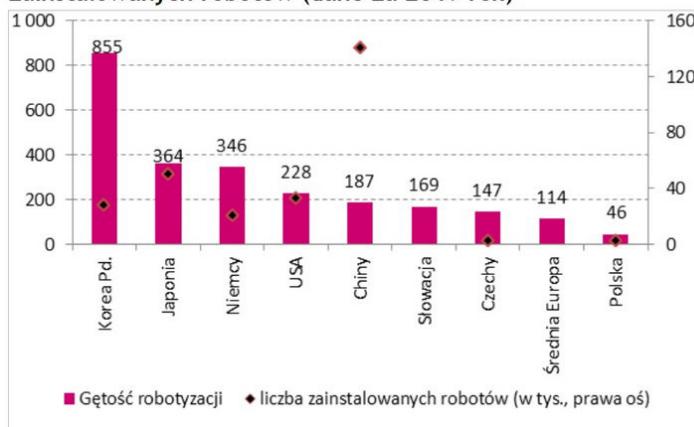
Liczba zainstalowanych robotów przemysłowych na 10 tys. pracowników w sektorze produkcyjnym w krajach europejskich w 2016 r.
Źródło: International Federation of Robotics, *How robots conquer industry worldwide*. IFR Press Conference, Frankfurt 2017, https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf.

(graf. „Gospodarka cyfrowa...”)

Rysunek 4. Gęstość robotyzacji – 2016 rok

Źródło: International Federation of Robotics, https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf (dostęp: 29.02.2024).

Gęstość robotyzacji (liczba robotów na 10 tys. zatrudnionych) oraz liczba nowo zainstalowanych robotów (dane za 2019 rok)



Rysunek 5. Gęstość robotyzacji – 2019 rok

Źródło: Business Insider, <https://businessinsider.com.pl> (dostęp: 29.02.2024).

Najbardziej dynamicznym regionem w obszarze automatyzacji i robotyzacji jest Azja, szczególnie Korea Południowa, gdzie liczba zainstalowanych robotów jest najwyższa. Europa, a nawet Stany Zjednoczone pozostają daleko w tyle. Gęstość robotyzacji jest jedną z najniższych w Europie, znacznie niższa niż nie tylko w krajach rozwiniętych, ale także w części krajów naszego regionu. Polska jednak dynamicznie nadrabia dystans w tym zakresie i pod względem liczby zainstalowanych w roku 2019 robotów znalazła się wśród 15-stu najbardziej dynamicznych w tym zakresie krajów. Konieczne są jednak znaczne inwestycje w tym zakresie, aby polska gospodarka mogła sprostać globalnej konkurencji.

Podsumowanie

Rozwój inteligentnych systemów automatyzacji stanowi kluczowy krok w ewolucji magazynów, pozwalając na efektywną adaptację do zmieniającego się środowiska biznesowego. Inteligentne technologie, takie jak automatyczne pojazdy transportowe, roboty manipulacyjne i zaawansowane systemy zarządzania magazynem, stwarzają nie tylko możliwość optymalizacji obecnych procesów, ale również otwierają drzwi do nowych, innowacyjnych rozwiązań.

Wprowadzenie inteligentnych systemów do magazynów oznacza nie tylko zwiększenie wydajności, ale także redukcję kosztów operacyjnych i minimalizację błędów ludzkich. Automatyzacja procesów manipulacyjnych

i transportowych przyczynia się do zwiększenia precyzji, szybkości oraz elastyczności działania magazynów. Warto podkreślić, że inteligentne systemy są w stanie dostosowywać się do różnorodnych wymagań rynkowych, co sprawia, że magazyny stają się bardziej konkurencyjne i gotowe na wyzwania przyszłości.

Perspektywy rozwoju w zarządzaniu magazynami z wykorzystaniem inteligentnych systemów automatyzacji są obiecujące, a dalsze badania nad integracją sztucznej inteligencji, analizą danych oraz innowacyjnymi rozwiązaniami technologicznymi będą kluczowe dla osiągnięcia jeszcze wyższych standardów w zarządzaniu magazynami. Magazyny inteligentne to nie tylko efektywność, to również inwestycja w przyszłość logistyki, która będzie odgrywać coraz istotniejszą rolę w globalnym łańcuchu dostaw.

Bibliografia

- AutomatykaOnline.pl, <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Montaz-i-transport/Inteligentne-systemy-transportowe?fbclid=IwAR14YCBuAeLsmqblBv8FnGnSIDGF387n-KRsl-i94SWofQzgPVwKbMh9Du9I>
- Bartholdi III J.M., Hackman S.T., *Warehouse & Distribution Science*, The Georgia Institute of Technology, USA 2016.
- Biniasz D., Rola i funkcje transportu wewnętrznego małych przedsiębiorstw produkcyjnych – studium przypadku, *Logistyka*, nr 3, 2014.
- Business Insider, <https://businessinsider.com.pl/finanse/makroekonomia/oto-najwazniejsze-wykresy-na-swiecie-2021-r-te-zjawiska-musisz-znac/38v0dv6>
- Fobas, <https://fobas.pl/blog/ukladnice-paletowe-system-pallet-shuttle/>
- Gołemska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- Mecalux, <https://www.mecalux.pl/podrecznik-magazynowania/wozki-widlowe/pojazdy-sterowane-automatycznie-agv-i-laserowo-lgv>
- Meller R., Meller M., *The Impact of Warehouse Automation on Supply Chain Performance*. *Journal of Business Logistics*, nr 4, 2019.
- Simchi-Levi D., van der Laan E., *MIT Sloan Management Review*, *Operations Rules: Delivering Customer Value through Flexible Operations*, nr 1, 2011.
- Skowronek C., Sarjusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 2012.
- Stępnicka N., Bąkowska P., *Zarządzanie logistyczne i gospodarka magazynowa w przedsiębiorstwach – wybrane aspekty teoretyczne*, *Studia i materiały. Miscellanea Oeconomicae*, nr 2, 2013.

Streszczenie

Artykuł naukowy skupia się na analizie funkcjonowania magazynów oraz możliwości intensyfikacji procesów z wykorzystaniem inteligentnych systemów automatyzacji w obszarze manipulacji i transportu. Wprowadzenie przedstawia kluczową rolę

magazynów w zarządzaniu łańcuchem dostaw, podkreślając potrzebę efektywnych operacji manipulacyjnych i transportowych. W części zasadniczej artykułu omówione zastały nowoczesne technologie, czyli kluczowe rozwiązania, takie jak automatyczne pojazdy transportowe (AGV i LGV), roboty manipulacyjne i systemy zarządzania magazynem oparte na sztucznej inteligencji. Automatyczne pojazdy transportowe umożliwiają automatyczne przemieszczanie się po magazynie, skracając czas transportu i eliminując konieczność ludzkiego sterowania. Roboty manipulacyjne potrafią wykonywać różnorodne zadania, od pakowania po układanie palet, co przyspiesza procesy magazynowe. Systemy zarządzania magazynem oparte na sztucznej inteligencji optymalizują składowanie, kontrolują zapasy i śledzą przepływ towarów, co przyczynia się do lepszej organizacji przestrzeni magazynowej. Artykuł podkreśla możliwość intensyfikacji procesów dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii, eliminując błędy ludzkie, skracając czas operacji i zwiększając dostępność magazynów. Artykuł stawia tezę, że automatyczne systemy automatyzacji stanowią kluczową przyszłość magazynów, przyczyniając się do zwiększenia efektywności i konkurencyjności w dziedzinie logistyki.

Słowa kluczowe: Magazyn, Inteligentne Systemy Automatyzacji, Manipulacja i Transport, Przyszłość Magazynów

ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF WAREHOUSES AND THE POSSIBILITY OF INTENSIFICATION OF PROCESSES CARRIED OUT IN THEM USING INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEMS IN THE FIELD OF MANIPULATION AND TRANSPORT

Summary

The scientific article focuses on the analysis of the functioning of warehouses and the possibility of intensifying processes using intelligent automation systems in the area of manipulation and transport. The introduction presents the key role of warehouses in supply chain management, emphasizing the need for effective handling and transport operations. In the main part of the article, modern technologies were discussed, i.e. key solutions such as automatic transport vehicles (AGV and LGV), handling robots and warehouse management systems based on artificial intelligence. Automatic transport vehicles allow automatic movement around the warehouse, reducing transport time and eliminating the need for human control. Handling robots can perform a variety of tasks, from packaging to stacking pallets, which speeds up storage processes. Artificial intelligence-based warehouse management systems optimize storage, control inventory and track the flow of goods, which contributes to better organization of storage space. The article emphasizes the possibility of intensifying processes through the use of modern technologies, eliminating human errors, shortening the time of operations and

increasing the availability of warehouses. The article thesis that automatic automation systems are the key future of warehouses, contributing to increasing efficiency and competitiveness in the field of logistics.

Keywords: Warehouse, Intelligent Automation Systems, Manipulation and Transport, The Future of Warehouses