



AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH
ANGELUSA SILESIIUSA

Piotr Sylwestrzak

**Zarządzanie procesami logistycznymi
w przedsiębiorstwach produkcyjnych
a rzeczywistość rozszerzona**

Piotr Sylwestrzak

Zarządzanie procesami logistycznymi
w przedsiębiorstwach produkcyjnych
a rzeczywistość rozszerzona

Piotr Sylwestrzak

Zarządzanie procesami logistycznymi
w przedsiębiorstwach produkcyjnych
a rzeczywistość rozszerzona

Wydawnictwo Naukowe Akademii Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa
Wałbrzych 2025

Recenzja

dr hab. Agata Mesjasz-Lech, prof. PCz

ORCID: 0000-0001-9577-2772

Redakcja językowa i korekta

Zespół

Skład

Małgorzata Myszkowska

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowa (CC BY 4.0).
Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>



Cytuj jako: Sylwestrzak P., *Zarządzanie procesami logistycznymi w przedsiębiorstwach produkcyjnych a rzeczywistość rozszerzona*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa, Wałbrzych 2025.

Piotr Sylwestrzak ORCID: 0000-0002-0052-3368

ISBN 978-83-63839-84-0 (wersja papierowa)

ISBN 978-83-63839-85-7 (wersja elektroniczna)

DOI: 10.71433/2025.85.7

Wydawnictwo Naukowe Akademii Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa
ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych
tel. + 48 74 641 92 31, e-mail: wydawnictwo@ans.edu.pl
www.ans.edu.pl

Wałbrzych 2025

Druk i oprawa: TOTEM

Spis treści

Wstęp	7
Wykaz skrótów	14
1. Znaczenie logistyki dla przedsiębiorstwa	17
1.1. Pojęcie i rozwój logistyki	17
1.2. Istota zarządzania przedsiębiorstwem – podejście procesowe w zarządzaniu	24
1.2.1. Zarządzanie logistyczne	28
1.2.2. Istota i cele zarządzania logistycznego	37
1.2.3. Zarządzanie jakością a zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie	43
1.3. Rola zarządzania informacjami w logistyce.....	50
2. Systemy wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości	59
2.1. Geneza wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.....	59
2.2. Technologia wirtualnej rzeczywistości.....	67
2.3. Technologia rzeczywistości rozszerzonej	77
2.4. Obszary zastosowania technologii rzeczywistości rozszerzonej.....	90
3. Badania i analizy dojrzałości technologii rzeczywistości rozszerzonej	101
3.1. Wybór obszarów logistycznych, w których można zastosować technologię rzeczywistości rozszerzonej.....	101
3.1.1. Przyjmowanie dostaw i gospodarka magazynowa	108
3.1.2. Zaopatrywanie produkcji w części	111
3.1.3. Pakowanie i sortowanie części.....	112
3.1.4. Transport wewnętrzny przedsiębiorstwa produkcyjnego	113
3.2. Rynek technologii rzeczywistości rozszerzonej w Polsce i na świecie.....	115
3.3. Założenia badawcze i wielowymiarowa analiza porównawcza w zakresie rzeczywistości rozszerzonej	125
3.4. Syntetyczne wyniki badań	127

4.	Koncepcja zintegrowanego modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej	155
4.1.	Wdrożenie zintegrowanego zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej.....	155
4.2.	Uwarunkowania kształtujące logistyczny łańcuch wartości dodanej.....	162
4.3.	Realizacja strategicznych celów logistycznych a wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej	167
5.	Model referencyjny wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie produkcyjnym	173
5.1.	Założenia modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej	173
5.2.	Innowacyjne rozwiązania w obszarze logistyki	183
5.3.	Warunki implementacji koncepcji zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej	194
5.4.	Przypadki wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w logistyce wewnętrznej przedsiębiorstw	199
	Zakończenie	209
	Bibliografia	217
	Spis rysunków.....	231
	Spis tabel	233
	Abstract	234

Wstęp

Logistyka została przeniesiona z wojskowości do gospodarki w latach 60. w USA, jednakże ostatnio nastąpił gwałtowny rozwój jej zastosowania także w krajach europejskich, prowadzący do stworzenia koncepcji logistycznej przedsiębiorstwa i zarządzania logistycznego. Właściwie zorganizowany, nowoczesny łańcuch dostaw ma kluczowe znaczenie nie tylko dla przemysłu czy handlu. Logistyka w erze globalizacji jest też istotnym i jednocześnie kluczowym elementem budowania przewagi konkurencyjnej całej gospodarki.

Logistyka, której podstawową cechą stanowi integracja przepływów i procesów, zajmuje ważne miejsce we współczesnym zarządzaniu. Świadczą o tym przede wszystkim coraz wyraźniejsze przejawy oddziaływania logistyki na zmiany w systemie zarządzania przedsiębiorstwem i jego poszczególnych podsystemach¹. Koncepcja zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie to całokształt zagadnień merytorycznych, powiązanych z wyznaczaniem celów logistycznych przedsiębiorstwa wraz ze sposobami osiągania tych celów. To złożony proces, który przebiega w wielu wzajemnie powiązanych fazach działalności organizacji, odgrywając w przedsiębiorstwach coraz większą rolę.

Procesy zachodzące w każdym przedsiębiorstwie są ze sobą ściśle powiązane i wszystkie razem wpływają na wartość dodaną, jaką ono oferuje. Ich nieprawidłowe funkcjonowanie zakłóca efektywne działanie całej organizacji, z czego wynika waga odpowiedniego zarządzania procesami, w tym ich ciągłego monitoringu i doskonalenia. To, że sposób zarządzania procesami logistycznymi może nie mieć istotnego wpływu na koszty, nie musi wcale oznaczać, że zarządzanie procesami logistycznymi nie oddziałuje znacząco na wyniki finansowe przedsiębiorstw. Przeprowadzone badania dowodzą bowiem, że ważniejszy może być wpływ sprawności procesów logistycznych w postaci przede wszystkim dobrej obsługi logistycznej klientów i ich satysfakcji, czego konsekwencją jest większa sprzedaż. Oczywiście stanie się tak przy założeniu, że obsługa klienta jest istotnym czynnikiem konkurencyjności firmy. Poza tym sprawność procesów logistycznych oddziałuje na efektywność innych procesów, na przykład produkcyjnych.

W praktyce w zarządzaniu przedsiębiorstwami w krajach wysoko rozwiniętych idea logistyki jest wykorzystywana na coraz większą skalę i z coraz większymi efekta-

¹ R. Matwiejczuk, *Integracja jako kluczowy wyznacznik koncepcji logistyki*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 26/2017, s. 83-90.

mi. Ostatnie lata wskazują na rosnącą potrzebę kształtowania funkcji i procesów logistycznych w aspektach nie tylko integracyjnych, ale także strategicznych, co znajduje wyraz w ciągłej ewaluacji procesów logistycznych. Niezbędnymi warunkami utrzymania pozycji rynkowej i uzyskania przewagi konkurencyjnej każdej firmy są przede wszystkim ekonomiczna działalność i redukcja kosztów logistycznych, sprawność procesów logistycznych, a także wykorzystanie nowoczesnych instrumentów zarządzania tymi procesami².

Współczesne podejście do zarządzania przedsiębiorstwem wymaga procesowego ujęcia. Zarządzanie, podobnie jak pojęcie logistyki czy procesów logistycznych, wskutek ciągłego rozwoju technologicznego podlega nieustannym przeobrażeniom.

Istota i cele zarządzania logistycznego sprowadzają się do redukcji kosztów tam, gdzie jest to możliwe, jak również prowadzenia efektywnego procesu logistycznego w zgodzie ze strategią przedsiębiorstwa. W kosztach całkowitych przedsiębiorstwa ważny jest nie tylko udział kosztów logistycznych, lecz przede wszystkim możliwość ich obniżenia. W literaturze logistycznej podkreśla się konieczność tzw. podejścia holistycznego – całościowego. Polega ono między innymi na szukaniu optymalnych rozwiązań z punktu widzenia korzyści całego systemu, a nie tylko poszczególnych jego części.

Szybkość zmian zachodzących we współczesnym otoczeniu biznesowym wymusza na przedsiębiorstwach ciągłe dostosowywanie się do nich, czego negatywną konsekwencją jest porażka na coraz bardziej konkurencyjnym rynku. Narastająca dynamika i zmienność rynku sprawiają jednak, że skuteczna do tej pory metodologia, polegająca na weryfikacji, ewolucji i ciągłym dostosowywaniu, jest coraz mniej skuteczna. Pojawiła się potrzeba wprowadzania innowacyjnych rozwiązań, a więc zmian o charakterze rewolucyjnym, a nie ewolucyjnym³. Wiele badań dowodzi, że innowacje są mocno powiązane z podniesieniem wydajności oraz pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa na rynku⁴. Sprawne funkcjonowanie logistyki w dużym stopniu bazuje na strukturze techniczno-organizacyjnej przedsiębiorstwa i otwartości na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań. W związku z konkurencją rynkową przedsiębiorstwa zmuszone są do stosowania nowoczesnych systemów informatycznych, które w sposób kompleksowy wspomagają procesy zarządzania nie tylko logistyką, lecz również całym przedsiębiorstwem.

W logistyce znaleźć można wiele technologii, które mogą skutecznie podnieść efektywność firm i pomóc im budować przewagę konkurencyjną. Do najbardziej innowacyjnych zalicza się rzeczywistość wirtualną (VR) i rzeczywistość rozszerzoną (AR). Gartner (globalna firma badawczo-doradcza zapewniająca informacje, porady i narzędzia liderom w dziedzinie IT, finansów, HR, obsługi klienta i wsparcia, komunikacji, prawa i zgod-

² A. Godzisz, A. Ścibisz, *Wpływ logistyki na konkurencyjność współczesnego przedsiębiorstwa*, „Logistyka”, 5/2013, s. 62.

³ A. Bujak, *Innowacyjność i innowacyjne rozwiązania w logistyce*, „Logistyka”, 2/2011, s. 85.

⁴ B. Ślusarczyk, *Wspieranie konkurencyjności polskiego przemysłu w świetle założeń nowej polityki przemysłowej*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 22/2016, s. 7-16.

ności, marketingu, sprzedaży i funkcji łańcucha dostaw) przewiduje, że VR i AR będą szeroko wykorzystywane w najbliższych 5-10 latach. Nie oznacza to jednak, że obecnie nie ma przykładów ciekawych wdrożeń tych technologii, stosowanych już na przykład w firmach zajmujących się naprawami i konserwacją, przy magazynowaniu produktów, a także w logistyce. Technologie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości powoli zaczynają wkraczać do sfery biznesu. Z czasem staną się one niezbędne w szeroko rozumianej logistyce. Już teraz miliony towarów przechowywanych w magazynach, codziennie monitorowanych i przesyłanych, wymagają zaangażowania wielu osób oraz użycia odpowiednich narzędzi, maszyn i pojazdów, a także systemów IT. I tu wkraczają technologie rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej, które pomagają usprawnić pracę.

Termin „rozszerzona rzeczywistość” pochodzi od angielskiego wyrażenia *Augmented Reality*, oznaczającego proces rozszerzania percepcji człowieka przez generowane komputerowo informacje. Choć dotychczas pojęcie to było głównie kojarzone z filmami akcji z lat 80., dziś przewiduje się, że może się ono przyczynić do znaczącego rozwoju technologicznego rozwiązań intralogistycznych: menedżerowie magazynów czy operatorzy wózków widłowych – za pomocą nowoczesnych urządzeń – analizować będą informacje wyszczególnione na generowanych komputerowo projekcjach.

W wyniku perspektywy ewolucyjnej po pojawieniu się Przemysłu 4.0 zainteresowanie technologiami AR ma rosnąć wykładniczo w kolejnych latach. Zastosowania przemysłowe dla rzeczywistości rozszerzonej są szerokie – niektóre kraje rozwinięte już zaczęły badać potencjał AR w przyszłości inteligentnych fabryk. Wykazano przydatność AR w znacznym usprawnieniu planowania procesów intralogistycznych. Daje to większą elastyczność w planowaniu systemów logistycznych i pozwala planistom sprawniej reagować na dynamikę rynku – na przykład projektanci produktów nie byłoby już ograniczeni fizycznymi granicami, ponieważ mieliby możliwość lepszego wizualizowania i elastycznego manipulowania trójwymiarowymi parametrami projektu produktu w czasie rzeczywistym. W przypadku scenariuszy kompletacji zamówień operatorzy magazynów wyposażonych w urządzenia AR, takie jak wyświetlacze nagłowne (HMD) i inteligentne okulary, mogliby korzystać z wizualizacji AR umożliwiającej lepsze dostarczanie treści, aby skrócić czas martwego punktu spowodowanego koniecznością wyszukiwania, na przykład w mobilnym terminalu danych (MDT) lub na papierowej liście kompletacji stosowanej w konwencjonalnych systemach. Rzeczywistość rozszerzona stanowi swoisty skok kwantowy w działalności produkcyjnej i kluczowy czynnik sprzyjający inteligentnemu wykorzystaniu środowiska przemysłowego i następnej generacji zaawansowanej produkcji. Nie można kwestionować różnych korzyści z AR, w tym wsparcia określonych zadań produkcyjnych poprzez zapewnienie właściwego czasu montażu komponentów i materiałów ruchomych, wizualnego doradztwa i kierowania procedurami konserwacji, stworzenia wydajnego, intuicyjnego systemu zarządzania i kontroli, a także wydajnego i intuicyjnego miejsca pracy w zakresie szkoleń i nauki. Ponadto zastosowania tej technologii obejmują również optymalizację działań transportowych oraz angażowanie klientów w przyjemne doświadczenia marketingowe.

Choć AR oferuje wiele możliwości w dziedzinie logistyki, to jednak włączenie omawianej technologii do procesów organizacyjnych przysparza wielu problemów, które powodują brak jej powszechnego zastosowania i sprawiają, że przydatność AR do zastosowań biznesowych jest wątpliwa. Niewiele jest opracowań badawczych podkreślających ograniczenia technologii AR w logistyce. Większość pracowników naukowych badających AR w kontekście logistyki koncentrowała się na możliwościach tej technologii i jej wpływie na procesy biznesowe, prawie nie omawiając przeszkód i zawiłości, jakie mogą się pojawić w związku z włączeniem technologii AR do struktury organizacyjnej. Aby wypełnić tę lukę badawczą i poszerzyć wiedzę o AR, autor niniejszego opracowania scharakteryzował warunki implementacji rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Na potrzeby prezentowanej monografii poddano analizie dane ankietowe uzyskane od 375 badanych przedsiębiorstw, obejmujące informacje wstępne dotyczące podstawowych parametrów przedsiębiorstw, a także dane zawarte w ankietach, które stanowiły podstawę do weryfikacji założonej hipotezy głównej. Przeanalizowano znajomość technologii rzeczywistości rozszerzonej, stopień otwartości na jej zastosowanie, a także wpływ technologii na wydajność pracy, znajomość kosztów oraz determinanty jej wdrożenia w przedsiębiorstwie. Ostatnim etapem badań stało się skonstruowanie modelu zarządzania procesami logistycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym dla pilotażowego przedsiębiorstwa z uwzględnieniem wzrostu produktywności jako efektu wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej.

Badaniu zostały poddane przedsiębiorstwa małe, średnie i duże. Respondentami byli menedżerowie zarządzający przedsiębiorstwami, menedżerowie logistyki, menedżerowie działów *Lean Management* oraz pracownicy tychże przedsiębiorstw produkcyjnych. Przedmiotem działań badawczych były przedsiębiorstwa produkcyjne z całej Europy. Badania zrealizowano w latach 2019-2020.

Wykorzystane kwestionariusze pytań zawierały pytania pozwalające na uzyskanie informacji o:

- wieku przedsiębiorstwa, wielkości przedsiębiorstwa oraz zasięgu działalności przedsiębiorstwa,
- znajomości technologii rzeczywistości rozszerzonej, jej zastosowaniu i kosztach,
- podejściu do zastosowania technologii AR w aspekcie technicznym, zarządczym i społecznym,
- otwartości na proces wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej,
- oddziaływaniu rzeczywistości rozszerzonej na efektywność procesów logistycznych,
- znajomości technologii rzeczywistości rozszerzonej w odniesieniu do przyszłych pokoleń logistyków,
- trendach mających wpływ na przyspieszenie wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w logistyce.

Prezentowana monografia ma za zadanie wypełnienie zaobserwowanej luki poznawczej w obszarze technologii wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości. W związku ze stwierdzoną luką sformułowano hipotezę główną o następującym brzmieniu: **rzeczy-**

wistość rozszerzona wpływa na efektywność procesów logistycznych, kreując nowe elementy konkurencyjności przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Dodatkowo postawiono następujące hipotezy szczegółowe:

- HS1. Implementacja rzeczywistości rozszerzonej jest uzależniona od wieku zakładu.
- HS2. Determinantą implementacji rzeczywistości rozszerzonej jest wielkość zatrudnienia.
- HS3. Determinantą wdrożenia AR jest zasięg działalności przedsiębiorstwa.
- HS4. Istnieje zależność pomiędzy wykorzystaniem rozszerzonej rzeczywistości a poziomem wiedzy na jej temat.
- HS5. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od chęci doskonalenia procesów logistycznych.
- HS6. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od rodzaju własności przedsiębiorstwa.
- HS7. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na uznanie zwiększenia skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z użycia w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej.
- HS8. Zwiększająca się złożoność procesów logistycznych przyspiesza wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce.
- HS9. Wdrażający AR są świadomi różnic pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną.
- HS10. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększenia bezpieczeństwa pracowników jako wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej.
- HS11. Determinantą wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej jest chęć usprawnienia procesów zaopatrzenia, magazynowania i kompletacji.
- HS12. Wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej jest spowodowane chęcią poprawy efektywności pracy pracowników.
- HS13. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR.
- HS14. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystanie aplikacji AR w logistyce.
- HS15. Korzystanie z AR utożsamiane jest z młodszymi pracownikami.

Do opisu badanych charakterystyk oraz odpowiedzi udzielonych na poszczególne pytania użyto rozkładów procentowych. Statystyczna istotność różnic odpowiedzi dwóch grup była sprawdzana za pomocą testu Chi-kwadrat lub testu Fishera. Związki między badanymi zmiennymi zostały ocenione za pomocą modeli regresji. Ze względu na fakt, że we wszystkich badanych przypadkach zmienna objaśniana była dychotomiczna, użyto regresji logistycznej. Tablice wynikowe modeli dostarczyły informacji o tym, jaki jest stosunek szans na twierdzącą odpowiedź w pytaniu, z którym utożsamiana jest zmienna objaśniana dla kategorii referencyjnej zmiennej objaśniającej i kategorii badanej. Dostarczyły również

informacji, czy różnice w prawdopodobieństwach dla nich mają istotność statystyczną. Wyniki badań przedstawiono w pracy w formie graficznej oraz tabelarycznej.

Struktura monografii i jej zawartość merytoryczna są wynikiem założonych celów teoretycznych i badawczych. Teoretyczna część została opracowana na podstawie przeglądu literatury. Rozdziały empiryczne zawierają analizy oraz podsumowania przeprowadzonych badań. Treści poszczególnych rozdziałów uwzględniają czynniki i uwarunkowania mające na celu weryfikację hipotez.

W części teoretycznej podstawową metodą było studium literatury przedmiotu oparte na wykorzystaniu źródeł pierwotnych i wtórnych. Źródła pierwotne stanowiły kwestionariusze ankietowe, a źródła wtórne obejmowały informacje zawarte w publikacjach naukowych. W tej części przybliżono także zagadnienia związane z procesem zarządzania logistycznego w celu zapewnienia konkurencyjnej pozycji przedsiębiorstwa produkcyjnego na rynku przy wykorzystaniu innowacyjnego rozwiązania, jakim jest technologia rzeczywistości rozszerzonej. Usystematyzowano wiedzę w tym zakresie. Na podstawie rozważań teoretycznych wskazano wzrastającą rolę innowacyjnych rozwiązań w obszarze logistyki we wpływanie na obniżenie kosztów logistycznych, a tym samym na kondycję całego przedsiębiorstwa produkcyjnego i produkowanego wyrobu.

Prezentowana książka składa się z wstępu, pięciu rozdziałów o charakterze zarówno teoretycznym, jak i empirycznym, podsumowania, w którym zawarto wnioski końcowe, a także bibliografii.

W rozdziale pierwszym przedstawiono przegląd literatury dotyczącej istoty logistyki i zarządzania logistycznego. Wyjaśniono podstawowe pojęcia związane z logistyką i zarządzaniem, ich cel oraz istotę i znaczenie podstawowych elementów zarządzania logistyką wskazanych przez teoretyków w literaturze przedmiotu. Opisano istotę zarządzania procesowego w przedsiębiorstwach. Przedstawiono zarys zarządzania jakością w procesach logistycznych na podstawie koncepcji 7R oraz wpływu zarządzania jakością w logistycznej obsłudze klienta. Scharakteryzowano powiązania między obszarem jakości i logistyki. Omówiono istotność zarządzania informacją w logistyce oraz rosnącą potrzebę wykorzystania systemów informatycznych do efektywnego i skutecznego przetwarzania informacji w obszarze logistyki.

W rozdziale drugim przedstawiono przegląd literatury dotyczącej wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości. Wyjaśniono pojęcia związane z omawianymi technologiami oraz zaprezentowano zarys historyczny rozwoju z uwzględnieniem opisu pierwszych opracowanych urządzeń. Opisano cechy środowiska wirtualnego, które jest ogniwem łączącym VR i AR. Omówiono klasyfikację urządzeń niezbędnych do zainicjowania wirtualności przy wykorzystaniu technologii wirtualnej i rzeczywistości rozszerzonej. Wskazano obszary zastosowania rzeczywistości rozszerzonej, w których z powodzeniem wykorzystuje się omawianą technologię. Zidentyfikowano możliwości technologii AR oraz przykłady jej praktycznego użycia, wskazując na możliwość zastosowania AR we wszystkich obszarach funkcjonowania człowieka.

W rozdziale trzecim scharakteryzowano wybrane obszary logistyki, w których można wdrożyć technologię rzeczywistości rozszerzonej. Omówiono rynek technologii rzeczywistości rozszerzonej w Polsce, Europie i na świecie. Przedstawiono postrzeganie dojrzałości AR na podstawie akceptacji nowej technologii – cykl Gartnera. Opisano fazy rozwoju AR i oczekiwań względem niej stawianych. Zaprezentowano prognozę potencjalnych wydatków na runku technologii wirtualnych. Objąsniiono założenia badawcze, uwzględniając hipotezę główną i hipotezy szczegółowe. Przeprowadzono analizę wyników badań własnych dotyczących dojrzałości technologii rzeczywistości rozszerzonej w Polsce oraz Europie w latach 2019-2020, a także dokonano weryfikacji postawionych hipotez.

W rozdziale czwartym opisano koncepcję zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej. Omówiono etapy zintegrowanego zarządzania procesami logistycznymi w ramach AR, uwarunkowania kształtujące logistyczny łańcuch wartości dodanej oraz wpływ kosztów logistyki na koszty finalne wyrobu produkowanego w przedsiębiorstwie, a także przedstawiono wpływ AR na budowanie wartości dodanej w logistycznym łańcuchu dostaw. Scharakteryzowano realizację strategicznych celów logistycznych przez pryzmat wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej. Podano również przykłady wykorzystania technologii AR w logistycznym łańcuchu dostaw na podstawie dużych przedsiębiorstw zlokalizowanych w Europie.

W rozdziale piątym opisano założenia modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej. Scharakteryzowano w nim warunki implementacji koncepcji zarządzania procesami logistycznymi z udziałem omawianej technologii, omówiono zalety i wady wykorzystania technologii rzeczywistości rozszerzonej w procesie *Pick by Vision*, a także przedstawiono innowacyjne rozwiązania w obszarze logistyki. Dokonano również identyfikacji najważniejszych priorytetów dla przedsiębiorstw wdrażających AR.

Wykaz skrótów

AGV	(<i>Automated Guided Vehicle</i>) – autonomiczne mobilne pojazdy
AR/RR	(<i>Augmented Reality</i>) – rzeczywistość rozszerzona
BPMS	(<i>Business Process Management System</i>) – system zarządzania procesami biznesowymi
BOOM	(<i>Binocular Omni-Orientation Monitor</i>) – okulary migawkowe
CAD	(<i>Computer Aided Design</i>) – projektujący program komputerowy
CAGR	(<i>Compound Annual Growth Rate</i>) – skumulowany roczny wskaźnik wzrostu
CAVE	(<i>Computer Automatic Virtual Environment</i>) – system immersyjnego środowiska wirtualnego
CRM	(<i>Customer Relationship Management</i>) – zarządzanie relacjami z klientem
DAP	(<i>Delivery at Place</i>) – dostarczony do miejsca
DRP	(<i>Distribution Requirements Planning</i>) – planowanie zapotrzebowania dystrybucji
EPS	(<i>Electric Power Steering</i>) – układ kierowniczy z elektrycznym wspomaganiem
ERP	(<i>Enterprise Resource Planning</i>) – planowanie zasobów przedsiębiorstwa
HMD	(<i>Head Mounted Display</i>) – wyświetlacz nagłówny
ICT	(<i>Information and Communication Technologies</i>) – technologie informacyjne i komunikacyjne
IoT	(<i>Internet of Things</i>) – Internet rzeczy
JiT	(<i>Just in Time</i>) – dokładnie na czas
KARMA	(<i>Knowledge-Based Augmented Reality Maintenance Assistant</i>) – wsparcie techniczne oparte na wiedzy AR
KPI	(<i>Key Point Indicators</i>) – kluczowe wskaźniki efektywności
MAR	(<i>Mobile Augmented Reality</i>) – mobilne systemy rzeczywistości rozszerzonej
MC	(<i>Manual Column</i>) – układ kierowniczy bez wspomagania
MDT	(<i>Mobile Data Terminal</i>) – mobilny terminal danych
MR	(<i>Mixed Reality</i>) – rzeczywistość mieszana
MRP	(<i>Material Requirements Planning</i>) – planowanie zapotrzebowania materiałowego
POS	(<i>Point of Sale</i>) – punkt sprzedaży
RFID	(<i>Radio-Frequency Identification</i>) – systemy (zdalnej) identyfikacji radiowej
SAR	(<i>Spatial Augmented Reality</i>) – przestrzenne systemy rzeczywistości rozszerzonej
SCM	(<i>Supply Chain Management</i>) – zarządzanie łańcuchem dostaw

TQM	(<i>Total Quality Management</i>) – kompleksowe zarządzanie jakością
VDU	(<i>Virtual Display Unit</i>) – monitor
VR/RW	(<i>Virtual Reality</i>) – rzeczywistość wirtualna
VRD	(<i>Virtual Retinal Displays</i>) – wirtualny wyświetlacz siatkówki
WMS	(<i>Warehouse Management System</i>) – oprogramowanie zarządzające magazynem

1

Znaczenie logistyki dla przedsiębiorstwa

1.1. Pojęcie i rozwój logistyki

Wiele dziedzin życia przechodzi permanentne zmiany, które wynikają z dynamiki przeobrażeń gospodarczych i rozwoju informatycznego. Dotyczy to szczególnie logistyki, będącej już nie tylko procesem związanym z zarządzaniem, przemieszczaniem produktów z miejsc, które mają ułatwić przepływ produktów z miejsc pochodzenia do finalnej konsumpcji, ale przede wszystkim procesem podnoszenia jakości życia, funkcjonowania całych społeczeństw, zwłaszcza w ramach szeroko rozwiniętej globalizacji. Współczesne tendencje do coraz szybszego rozwoju technologicznego i wspomniana postępująca globalizacja spowodowały wiele zmian w świadomości, mentalności i postrzeganiu rzeczywistości przez udział logistyki w jej tworzeniu¹. Logistyka odgrywa coraz większą rolę nie tylko w sferze gospodarki, ale przede wszystkim w polepszaniu jakości życia i funkcjonowaniu całych społeczeństw².

Tempo zmian oraz skala potrzeb i oczekiwań wywołują potrzebę diametralnych przeobrażeń w myśleniu o logistyce, jej celach oraz sposobach realizacji zadań. Przedsiębiorstwa stale poszukują sposobów tworzenia przewagi konkurencyjnej, zatem znaczenie logistyki jako systemowej determinanty efektywności i sukcesu przedsiębiorstwa jest coraz większe. W obecnych czasach logistyka nie tylko musi nadążać za zmianami, ale także w wielu wypadkach je wyprzedzać i wyznaczać. Dążąc do zwiększenia przewagi konkurencyjnej na rynku, przedsiębiorstwa opierają swój rozwój na świadomym kształtowaniu wartości dostarczanej klientowi, generując niejako nowe rozwiązania, koncepcje i sposoby działania, które w pełni będą odpowiadać nowym oczekiwaniom i potrzebom, jakie stawia konkurencja. Należy przy tym zwrócić uwagę, że sama logistyka w coraz szerszym wymiarze w sposób zarówno bezpośredni, jak i pośredni oddziałuje na gospodarkę i zachodzące w niej przemiany, tworząc dla siebie kolejne nowe wyzwania³.

¹ A. Bujak, *Współczesna logistyka i jej wyzwania*, „Zeszyty Naukowe WSOWL”, 145/2007, s. 159.

² *Ibidem*, s. 159.

³ K. Wach-Grzybowska, *Wpływ aliansu strategicznego na kreowanie pozycji konkurencyjnej firmy w podejściu logistycznym*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XIII, z. 16, 2012, s. 13-20.

W niniejszym rozdziale prześledzono rozwój logistyki, rozpoczynając od etymologii tego pojęcia. Słowo „logistyka” można odnaleźć już w języku starogreckim⁴. Jednym ze źródeł terminu jest greckie *logistikós* (*logistikos* – sztuka liczenia, kalkulowania). Oznacza ono człowieka myślącego według reguł logicznych (matematycznych i filozoficznych). Bliski znaczeniowo temu terminowi jest łaciński przymiotnik *logisticus*, oznaczający: rozumiały, racjonalny, zdolny do logicznego myślenia⁵. Współczesne rozumienie logistyki bardziej jednak nawiązuje do francuskiego słowa *logistique*, wywodzącego się z terminologii wojskowej i oznaczającego „praktyczną sztukę przemieszczania armii, obejmującą także ciągłe jej zaopatrywanie, prace inżynierskie i sztabowe”⁶.

Termin „logistyka” początkowo był związany z wojskiem. Jednym z pierwszych reprezentantów jej pragmatycznego ujęcia był bizantyjski cesarz Leontos VI (886-911), który odnosił logistykę do sfery militarnej, pisząc, że zadaniem logistyki jest, „żeby żołd był wypłacany, wojsko odpowiednio uzbrojone, uszeregowane, wyposażone w działa i sprzęt wojenny, żeby potrzeby wojska były dostatecznie i odpowiednio w czasie zaspokojone, a każda wyprawa wojenna odpowiednio przygotowana (tzn. przestrzeń i czas odpowiednio obliczone, obszar oszacowany z uwzględnieniem ruchu wojsk, a także siły oporu przeciwnika) i zgodnie z tymi funkcjami należy regulować i podporządkować ruchy oraz podział własnych sił zbrojnych”⁷. Z kolei francuski generał G. Bouchet używał pojęcia *logistique* jako synonimu sformułowania „myślący logicznie, racjonalnie”. Pod koniec wieku XIII logistykę pojmowano we Francji jako wiedzę o racjonalnym zaopatrzeniu wojsk i wyborze terenów pod fortyfikacje⁸. Inni autorzy, w tym także polscy, źródła pojęcia „logistyka” upatrują w dziele „Zarys sztuki wojennej” A.H. Jominiego⁹ – szwajcarskiego generała w służbie francuskiej i rosyjskiej, które wydano w Paryżu w roku 1837. Logistyka przedstawiona jest w nim jako praktyczna sztuka przemieszczania armii, obejmująca także ciągłe jej zaopatrywanie, prace inżynierskie i sztabowe¹⁰.

Kontradmirał H.E. Eccles w 1950 roku opublikował książkę „Logistka operacyjna marynarki wojennej”, a w roku 1959 wydał – na potrzeby NATO – „Logistykę w obronie narodowej”. Wskazany autor starał się uporządkować pojęcia, struktury i zadania logistyki. Wdrożenie koncepcji logistycznych w wojsku w szerokim zakresie nastąpiło w USA w marynarce wojennej pod koniec XIX stulecia. Jak duże znaczenie ma logistyka wojsko-

⁴ M. Jakubczak, *Logistyka i jej rola w rozwoju logistyki*, Bellona, Warszawa 1995, s. 3.

⁵ M. Ciesielski, A. Łupicka, S. Zimniewicz, *Teoretyczne podstawy logistyki*, [w:] *Podstawy wiedzy logistycznej*, red. M. Ciesielski, AE, Poznań 2004, s. 19-41.

⁶ M. Chmielecki, *Umiejętności i kompetencje kadry zarządzającej w logistyce*, [w:] K. Kolasińska-Morawska, *Zarządzanie logistyczne*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XIII, z. 16, s. 22.

⁷ B.H. Kortschak, *Co to jest logistyka?*, Wydawnictwo Austriackiej Federalnej Izby Gospodarczej, Wiedeń 1992, s. 11-15.

⁸ P. Maślach, *Logistyka i jej rozwój na przestrzeni lat – od koncepcji cesarza Leontosa VI do wsparcia logistycznego operacji „Pustynna Burza”*, „Zeszyty Naukowe Logistyka i Transport”, 1/2005, s. 36.

⁹ B. Rzeczyński, *Logistyka miejska*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007, s. 18- 34.

¹⁰ M. Kufel, *Koszty przepływu materiałów w przedsiębiorstwach przemysłowych*, AE, Wrocław 1990, s. 28-29; S. Abt, H. Woźniak, *Podstawy logistyki*, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1993, s. 18.

wa, pokazała I wojna światowa. Według angielskiego historyka wojskowości J. Keegana wszystkie walczące strony miały te same logistyczne problemy i wszystkie doznały porażki w tej dziedzinie. Niezwykle ważnym etapem rozwoju logistyki w wojsku była II wojna światowa, w czasie której logistyka zapewniała procesy transportu i zaopatrzenia na frontach Europy, Afryki i Azji. Jak twierdzi wspomniany Keegan, o zwycięstwie aliantów w tej największej i najokrutniejszej w dziejach świata wojnie zdecydowały produkcja przemysłu zbrojeniowego i logistyka¹¹.

Koncepcja logistyki cywilnej w obszarze zainteresowań znalazła się pod koniec lat 50. XX wieku w wyniku odkrycia wcześniej nierozpoznanych możliwości oszczędności w zakresie dystrybucji (nazywanej także logistyką sprzedaży lub logistyką dystrybucyjną). Logistyka została przeniesiona ze sfery militarnej do gospodarczej na początku lat 60., a umocniona pod koniec tej dekad w USA, kiedy kolejne powojenne recesje zmusiły menedżerów do dokładniejszej analizy kosztów dystrybucji towarów¹². Podejście logistyczne na gruncie działalności gospodarczej przedsiębiorstw przedstawił w 1955 roku O. Morgenster, definiując operację logistyczną jako dostarczenie ściśle określonych wielkości dóbr fizycznych oraz usług dla konkretnych rodzajów działalności, które zgodnie ze swoimi celami wykorzystują te środki i usługi po to, aby każdy rodzaj działalności mógł być utrzymywany w pożądanym (z punktu widzenia określonego celu lub celów) wymiarze¹³.

W praktyce gospodarczej logistyka nabrała znaczenia w latach 60. XX wieku w USA. Dużą rolę odegrała w tym zasada analizy całkowitego kosztu przepływu dóbr, w związku z czym w okresie tym nastąpił burzliwy rozwój wielkopowierzchniowych sklepów – marketów i supermarketów. Przedsiębiorstwa, by być konkurencyjne, zajmować na rynku wiodącą pozycję, zdobywać nowych klientów, a także osiągnąć satysfakcjonujące zyski, zaczęły w sposób szczególnie brać pod uwagę wszelkie kwestie związane z minimalizowaniem kosztów¹⁴, co w zasadzie ma jeden główny cel – oszczędności. Na skutek takich działań przedsiębiorstwa zapewniają rozwój swojej działalności poprzez na przykład jej zinternacjonalizowanie i poszerzenie zakresu działania, unowocześnianie parku maszynowego i urządzeń czy też zwiększanie asortymentu¹⁵.

Rozwój logistyki jako koncepcji zarządzania, łącznika między jednostkami organizacyjnymi przedsiębiorstw, nastąpił w latach 70. XX wieku. Dużą rolę na tym etapie odegrała szeroko rozumiana integracja, zaś logistyka zaczęła się zajmować przemieszczaniem dóbr w całym przedsiębiorstwie: od zaopatrzenia po dystrybucję, co wiązało się

¹¹ J. Bril, Z. Łukasik, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 19(9)/2012, s. 90.

¹² Cz. Skowronek, Z. Sarjusz Wolski, *Logistyka w przedsiębiorstwie*, wyd. III, PWE, Warszawa 2003, s. 164-165.

¹³ K. Ficoń, *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*, Impuls Plus Consulting, Gdynia 2001, s. 26.

¹⁴ P. Bełch, *Analiza kosztów procesów logistycznych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 472/2017, s. 25.

¹⁵ K. Bartczak, *Analiza kosztów ponoszonych w związku z realizacją procesów logistycznych*, „Logistyka”, 4/2015, s. 35.

z przetwarzaniem olbrzymich ilości informacji. Logistyka w szerokim zakresie zaczęła się wspomagać zastosowaniami informatyki. Powstały wówczas początki rozwiązań nazywanych obecnie systemami ERP, które do dzisiaj wykorzystuje się w informatycznym wspomaganiu logistyki.

Przez kolejne lata logistyka przechodziła dalsze przeobrażenia, którym towarzyszył proces jej definiowania. Ostatnie lata są okresem upowszechniania się w praktyce gospodarczej, a także w literaturze ekonomicznej pojęcia „logistyka”. Dotyczy to zwłaszcza krajów o rozwiniętej gospodarce rynkowej, które cechują wysoka produktywność zaangażowanych zasobów, sprawność procesów gospodarczych, wydłużenie horyzontu czasowego w zarządzaniu. Do tych sukcesów ekonomicznych przyczyniły się niewątpliwie także nowoczesne rozwiązania logistyczne. Logistyka jako specjalizacja naukowa, która lokuje się w różnych dziedzinach, a nawet obszarach współczesnej nauki, jest nauką interdyscyplinarną, umiejscowioną w głównym nurcie nauk technicznych, ekonomicznych, nauk o zarządzaniu czy nauk wojskowych, z których się wywodzi. Czerpie zaś inspirację z wielu innych dziedzin i dyscyplin naukowych, takich jak chociażby matematyka, fizyka, statystyka, ekonometria, materiałoznawstwo, towaroznawstwo, technologie informacyjne, transport, komunikacja i wiele, wiele innych. Ta wielość jest z jednej strony atutem logistyki, który pozwala na znajdowanie twórczych rozwiązań badawczych, z drugiej strony wywołuje istotne problemy natury poznawczej i pragmatycznej, czego przejawem jest mnogość jej definicji¹⁶.

Dynamiczny rozwój logistyki odnosi się do zarówno teorii (spojrzenie na logistykę jako dyscyplinę naukową), jak i różnych poziomów oraz sfer działalności przedsiębiorstwa, poszczególnych branż, gospodarki narodowej, państw, regionów, a także wymiaru globalnego. Logistykę można interpretować z punktu widzenia fizycznych przepływów dóbr materialnych połączonych z przepływami strumieni informacyjnych jako nowoczesną koncepcję zarządzania procesami przepływu, ale też można ją ujmować jako dziedzinną wiedzy ekonomicznej. Na postrzeganie logistyki znacznie oddziałuje także globalizacja. Współczesna logistyka to jedna z tych dziedzin, która musi permanentnie i szybko odpowiadać na nowe wyzwania, potrzeby, ale też w pełni wykorzystywać pojawiające się nowe możliwości. Czynników, które obecnie warunkują rozwój logistyki i na niego wpływają, jest bardzo dużo. Są one najczęściej konsekwencją zmian, jakie zachodzą we współczesnych przekształceniach gospodarczych w wymiarze zarówno mikro-, jak i makroekonomicznym. Również to sama logistyka coraz silniej w sposób bezpośredni i pośredni oddziałuje na gospodarkę i następujące w niej przemiany¹⁷.

Analiza pojęcia „logistyka” nasuwa wniosek, iż definicje stworzone przez poszczególnych autorów różnią się nieco zakresem obejmowanych procesów fizycznego obiegu towarów i informacji (zasięgiem i strukturą przedmiotowo-instytucjonalną),

¹⁶ Ł. Sułkowski, *Interdyscyplinarność logistyki*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XIII, z. 16, 2012, s. 229-242.

¹⁷ J. Coyle, E. Bardi, J. Langley, *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002, s. 58.

ich sposobem traktowania oraz interpretacją szczegółowych celów, wykazując jednocześnie na ogół zgodność co do samej istoty problemów stanowiących ich zasadniczą treść¹⁸.

Zdaniem F.J. Beiera i K. Rutkowskiego „Logistyka to zarządzanie działaniami przemieszczania i składowania, które mają ułatwić przepływ produktów z miejsc pochodzenia do miejsc finalnej konsumpcji, jak również związaną z nimi informacją w celu zaoferowania klientowi odpowiedniego poziomu obsługi po rozsądnych kosztach”¹⁹.

L. Garbarski, I. Rutkowski i W. Wrzosek twierdzą, że „Logistykę w szerokim rozumieniu traktujemy jako zintegrowany system kształtowania i kontroli procesów fizycznego przepływu towarów oraz ich informacyjnych uwarunkowań, zmierzających do osiągnięcia możliwie najkorzystniejszych relacji między poziomem świadczonych usług (poziomem obsługi odbiorców) a poziomem i strukturą związanych z tym kosztów”²⁰.

Zgodnie z definicją P. Blaika: „Logistyka to przekrojowa koncepcja zarządzania i podstawowy potencjał strategiczny, którego wyzwolenie i realizacja stają się niezbędnym warunkiem działalności i sukcesu na współczesnym konkurencyjnym rynku”²¹.

Za M. Christopherem należy stwierdzić, że: „Logistyka to proces strategicznego zarządzania zaopatrzeniem, przechowywaniem i transportem materiałów, części oraz gotowych materiałów w ramach organizacji oraz poprzez jej kanały marketingowe, zapewniający maksymalizację obecnych przyszłych zysków oraz najbardziej efektywną realizację zamówień”²².

Zdaniem zaś P. Jonssona i S.A. Mattssona „Logistyka jest definiowana jako planowanie, organizacja i kontrola wszystkich działań w przepływie materiałów: od surowca do zużycia końcowego i przepływów zwrotnych wytwarzanego produktu, w celu zaspokojenia potrzeb i życzeń klienta oraz innej zainteresowanej strony, zapewniającej dobrą obsługę klienta, niski koszt, niski kapitał związany, niewielkie konsekwencje dla środowiska”²³.

H. Ehrmann natomiast postrzega logistykę jako „wynikające z celów przedsiębiorstwa – wszelkie środki oraz instrumenty do utrzymania optymalnego przepływu materiałów w ramach procesów przekładających się na wyniki przedsiębiorstwa, przy czym te narzędzia są uwzględniane od momentu dostarczania elementów produkcyjnych i informacji, poprzez przetwarzanie i kierowanie, aż po dystrybucję przygotowanych usług”²⁴.

Z kolei I. Göpfert podkreśla innowacyjną rolę logistyki, uznając ją za „nowoczesną koncepcję zarządzania prowadzącą do rozwoju, kształtowania, oddziaływania i reali-

¹⁸ J. Bril, Z. Łukasik, *op. cit.*, s. 91-93.

¹⁹ F.J. Beier, K. Rutkowski, *Logistyka*, SGH, Warszawa 1995, s. 16.

²⁰ L. Garbarski, I. Rutkowski, W. Wrzosek, *Marketing. Punkt zwrotny nowoczesnej firmy*, wyd. II, PWE, Warszawa 2000, s. 436-437.

²¹ P. Blaik, *Logistyka*, PWE, Warszawa 2004, s. 17-24.

²² M. Christopher, *Logistics & supply chain management*, 2011, s. 1-2.

²³ P. Jonsson, S.A. Mattsson, *Logistik: läran om effektiva materialflöden*, 2005, s. 548.

²⁴ H. Ehrmann, *Logistik*, Ludwigshafen (Rhein), Kiehl 2003, s. 25.

zowania efektywnych przepływów takich obiektów, jak: produkty, informacje, środki pieniężne oraz finanse w ramach skoncentrowanego w przedsiębiorstwie systemu kreowania wartości”²⁵.

Z przytoczonych definicji wynika, że logistyka jest zorientowana na organizację przepływów dóbr fizycznych i towarzyszący im przepływ informacji, zmierzające do osiągnięcia, dzięki optymalizacji tych przepływów, najwyższej efektywności funkcjonowania. Każde z tych ujęć jest poprawne, lecz kładzie akcent na inne kwestie. Poza wspomnianymi nurtami koncepcji logistycznych przedstawiane przez wielu autorów ujęcia różnią się pod względem zakresu fizycznego przepływu, rozciągając go na różne aspekty i elementy w procesach zachodzących w przedsiębiorstwie lub innym wymiarze – sektora, branży, państwa, regionu czy w skali globalnej. Rozważanie zagadnień z zakresu logistyki możemy sprowadzić do trzech głównych aspektów²⁶:

- koncepcyjno-funkcjonalnego – logistykę można rozumieć jako pewną koncepcję zarządzania przepływami dóbr i informacji, w znaczeniu zbioru metod i funkcji planowania, sterowania, organizowania i kontroli, opartych na zintegrowanym i systemowym ujmowaniu tych przepływów,
- przedmiotowo-strukturalnego – logistykę można traktować jako zintegrowany proces przepływu towarowych i informacyjnych oraz określony kompleks przedsięwzięć i rozwiązań strukturalnych związany z integracją i realizacją tych przepływów,
- efektywnościowego – pojęcie logistyki oznacza, że można ją uważać za determinantę wzrostu efektywności, zorientowaną na oferowanie klientom pożądanego serwisu (poziomu i jakości obsługi logistycznej), przy równoczesnej racjonalizacji struktury kosztów logistyki i wzroście ogólnej efektywności gospodarowania w przedsiębiorstwie.

Analiza literatury przedmiotu wskazuje na dużą zgodność w objaśnianiu omawianego terminu. Zdaniem autora niniejszej monografii definiowanie logistyki można sprowadzić do siedmiu zasad, które logistyka musi spełniać, aby ją ujmować całościowo. Są nimi:

1. Celowość – czyli zapewnienie optymalnych warunków dla przedsiębiorstwa przy jednoczesnej maksymalizacji zysków i minimalizacji kosztów powstających w związku z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa.
2. Efektywność – wszystko, co wiąże się z działalnością logistyczną, w sferze koncepcyjnej i praktycznej musi być realizowane na poziomie gwarantującym najwyższą efektywność ekonomiczną, efektywność, która musi być mierzalna, żeby miała odniesienie do KPI, które tak naprawdę są wyznaczane w przedsiębiorstwie i są miernikiem skutecznych i efektywnych działań.

²⁵ I. Göpfert, *Logistik: Führungskonzeption, Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und –controllings*, Vahlen, München 2005, s. 25.

²⁶ F. Mroczo, *Logistyka*, „Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości. Seria: Zarządzanie”, Wałbrzych 2016, s. 20.

3. Kompleksowość – przejawia się na płaszczyźnie zarządzania na wszystkich szczeblach organizacyjnych przedsiębiorstwa, zapewniając jego wysoką skuteczność i zakładaną efektywność ekonomiczną.
4. Elastyczność – oznaczająca pełną zdolność adaptacyjną do zmian, jakie powstają w trakcie dynamicznego i ciągle zmieniającego się procesu logistycznego. W logistyce zmiana jest zawsze stała i pewna, podobnie jak w zarządzaniu projektami: jeżeli plany działań nie będą często aktualizowane, może pojawić się problem niemożliwy do rozwiązania.
5. Partnerstwo – czyli traktowanie wszystkich uczestników łańcucha logistycznego jako równych sobie, jak partnerów biznesowych. Takie podejście sprawia, że będzie można osiągnąć zakładany efekt końcowy.
6. Współzależność – oznaczająca, że każde z ogniw logistycznego łańcucha dostaw zależy od pracy innych ogniw, bez względu na to, czy rozpatrujemy to w ramach tej samej komórki organizacyjnej, czy między różnymi komórkami organizacyjnymi wewnątrz przedsiębiorstwa – współdziałanie jest jedną z głównych zasad w logistyce, która warunkuje osiągnięcie założonego celu. W ramach współzależności w wielu firmach można się spotkać z wdrożeniem koncepcji CRM (*Customer Relationship Management*), czyli traktowaniem wszystkich komórek organizacyjnych, z którymi się współpracuje, jako klientów wewnętrznych. Prowadzenie wewnętrznej oceny zadowolenia tych klientów nie tylko poprawia współpracę czy przepływ informacji w ramach organizacji, ale również sprawia, że takie zachowania przenoszą się o szczebel wyżej, czyli do współpracy z klientem zewnętrznym.
7. Realność – wszystkie działania logistyczne muszą być mierzalne i możliwe do przeprowadzania, a więc racjonalność opiera się na aktualnych ekonomicznych realiach rynku.

Tradycyjne spojrzenie na logistykę to ujęcie materialne, koncentrujące się na doskonaleniu „ruchu materii”, który przebiega w przestrzeni i w czasie. Nowoczesna logistyka to po części zasługa innowacji teleinformatycznych, z jakimi mamy do czynienia na co dzień. Jako nauka interdyscyplinarna zajmuje się badaniami z zakresu ekonomii, informatyki, badań operacyjnych i statystyki. Sercem logistyki w nowoczesnej firmie jest system informatyczny, który gromadzi informacje z wielu źródeł, przetwarza je, wspomaga analizę i udostępnia wyniki.

Przyszłości nie da się przewidzieć – można za to ustalić trendy i zbadać je za pomocą alternatywnych metodologii i narzędzi. Z logistycznego punktu widzenia wiadomo, że możliwych jest wiele różnych opcji przyszłości, z których wszystkie są oczywiście zależne od decyzji podejmowanych w teraźniejszości. Spojrzenie na przyszłość powinno uwzględniać historię i aktualne problemy, ale musi także brać pod uwagę, że ciągłości z przeszłością nie można uznawać za pewnik. Zbyt duża koncentracja na przeszłych i aktualnych doświadczeniach sprawi, że wizja przyszłości będzie rzeczywiście ograniczona. Z jednej strony przyszłość musi być wyjaśniona w języku, który nie jest sprzeczny ze zdrowym rozsądkiem. Z drugiej strony tempo zmian jest tak duże, że należy przeprowa-

dział jakościowe i ilościowe analizy trendów, prognozowanie i opracowywanie scenariuszy eksploracyjnych w sposób pozwalający na znaczące przerwy – lub „szoki” – które mogą „zmienić grę”.

Zdaniem autora niniejszego opracowania logistyka i łańcuchy dostaw stoją przed niespotykanymi dotąd wyzwaniami. W wyniku globalnego rozwoju społeczno-gospodarczego i technologicznego, a także zmian klimatu potrzeby bardziej zrównoważonych produktów i procesów, istotne przeobrażenia polityczne, postęp technologii internetowych w logistyce i cyberfizycznych systemach produkcyjnych nie tylko stanowią wyzwania wymagające radykalnych rozwiązań, ale także stwarzają duże możliwości. Logistyka musi zarówno im sprostać, jak i poradzić sobie z masową indywidualizacją oraz wykorzystać aplikacje biznesowe sztucznej inteligencji. Istotnym wyzwaniem będzie znalezienie kompromisu między tymi dwoma rozwiązaniami w połączeniu ze znaną potrójną dolną granicą zrównoważonego rozwoju.

1.2. Istota zarządzania przedsiębiorstwem – podejście procesowe w zarządzaniu

Współczesne podejście do zarządzania przedsiębiorstwem wymaga procesowego ujęcia. Podobnie jak w przypadku pojęcia logistyki czy procesów logistycznych, tak samo i zarządzanie, wskutek ciągłego rozwoju technologicznego, podlega permanentnym zmianom. Przedmiotem zainteresowania nauki organizacji i zarządzania są organizacje jako systemy. Organizacje tworzą zespoły ludzkie mające wspólny cel, możliwy do zrealizowania przy zastosowaniu różnych zasobów (kapitałowych, rzeczowych i osobowych), którymi należy w odpowiedni i racjonalny sposób zarządzać. Zarządzanie jest procesem ciągłym, który zwykle się uważa za powodowanie osiągnięcia zamierzonych celów przedsiębiorstwa. Ogólne cele przedsiębiorstwa ujmowane są w polityce firmy, która z reguły jest aktualizowana w każdym kolejnym roku²⁷.

Zdaniem M. Kostery²⁸ „zarządzanie to proces planowania, organizowania, motywowania i kontrolowania pracy organizacji i jej uczestników oraz wykorzystywania wszystkich dostępnych zasobów dla osiągnięcia celów organizacji”. Z terminem „organizacja” spotykamy się codziennie i różnie go rozumiemy. R.W. Griffin uznaje, że organizacja to grupa ludzi, którzy współpracują ze sobą w sposób uporządkowany i skoordynowany, aby osiągnąć pewien zestaw celów²⁹.

²⁷ T. Czapla, B. Glinkowska, *Ekonomia finansów prawo gospodarcze. Podręcznik dla sędziów i prokuratorów*, Uniwersytet Łódzki, Łódź 2015, s. 24.

²⁸ D. Jemielniak, D. Latusek, *Zarządzanie – teoria i praktyka od podstaw*, Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. Leona Koźmińskiego, Warszawa 2005, s. 11.

²⁹ R.W. Griffin, *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 1997, s. 35.

W teorii organizacji omawiane pojęcie pojmuje się w trzech podstawowych znaczeniach, które stanowią³⁰:

1. Znaczenie atrybutowe – w tym kontekście mówi się o organizacji jako jednostce sprawnie działającej w sposób skoordynowany – organizacja jest tutaj rozumiana jako pewnego rodzaju układ współzależności i współdziałania wszystkich jej elementów.
2. Znaczenie czynnościowe – rozpatrując kontekst czynnościowo, należy wziąć pod uwagę czynniki, które będą powodować przyczynienie się pewnej części organizacji do powodzenia całości misji/celu.
3. Znaczenie rzeczowe – organizacja jest tutaj rozumiana jako zorganizowana całość, czyli struktura składająca się z rzeczy i zdarzeń.

Najważniejszym elementem każdej organizacji są ludzie. Organizacje składają się z zasobów ludzkich posiadających określone cechy i wartości pozwalające na pełnienie określonych ról. Analiza literatury przedmiotu wskazuje na dużą zgodność w zakresie postrzegania ludzi i ich roli w organizacji. Zdaniem P.F. Druckera „Jeśli popatrzymy na pracownika jako bogactwo, porównywalne ze wszystkimi innymi zasobami (z tą tylko różnicą, że to bogactwo ludzkie), musimy w analogiczny sposób zastanowić się nad jak najlepszym jego spożytkowaniem – tak samo jak zastanawiamy się nad spożytkowaniem innych specyficznych zasobów”³¹. W postrzeganiu człowieka jako bogactwa dla organizacji pojawia się kolejny, zresztą słuszny, termin – „gospodarowanie zasobami ludzkimi”, definiowany jako działanie organizacji ukierunkowane na przyciągnięcie, rozwój i utrzymanie efektywnie działającej siły roboczej³². Innymi słowy zarządzanie zasobami ludzkimi polega na przyciąganiu, utrzymaniu, nadzorowaniu, nagradzaniu i kształtowaniu ludzi zatrudnionych w organizacji³³.

M. Armstrong zarządzanie zasobami ludzkimi definiuje jako „strategiczne, spójne i wszechstronne spojrzenie na problemy związane z kierowaniem i rozwojem zasobów ludzkich w ramach struktury przedsiębiorstwa, przy czym każdy aspekt tego procesu stanowi istotny element zarządzania organizacją jako całością. W istocie zarządzanie zasobami ludzkimi oznacza pewną ideologię, opartą na przekonaniu, iż organizacje (struktury) istnieją po to, by dostarczać klientom pewnych wartości (dóbr). Zarządzanie zasobami ludzkimi postrzega ludzi jako cenne źródło sukcesów firmy i traktuje ich nie jako koszty zmienne, lecz raczej jako majątek trwały, stąd też stoi na stanowisku,

³⁰ A. Banasiak, *Podstawy zarządzania organizacjami*, [w:] Ł. Sułkowski, J. Sokołowski, *Metody zarządzania współczesnym przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Łódź-Warszawa 2015, s. 13-14.

³¹ P.F. Drucker, *Praktyka zarządzania*, AE, Kraków 1998, s. 282, 285.

³² K. Perechuda (red.), *Zarządzanie przedsiębiorstwem przyszłości. Koncepcje, modele, metody. Formy i narzędzia skutecznego zarządzania przedsiębiorstwem*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2000, s. 66-76.

³³ H.T. Graham, R. Bennet, *Human resources management*, The M+E Handbook Series: Business, London 1995, s. 8-9.

iz należy im zapewnić jak najlepszych przywódców i możliwości pełnego rozwoju posiadanych zdolności”³⁴.

Zdaniem autora niniejszych rozważań proces zarządzania zasobami ludzkimi należy rozpatrywać szerzej, zwłaszcza w obecnych czasach, kiedy pozostałe zasoby z grupy nieodnawialnych zaczynają się kurczyć. Bardzo dobrze zaprezentował wspomnianą tematykę A. Pabian, stwierdzając: „istotą tej koncepcji jest planowanie i pozyskiwanie pracowników oraz takie na nich oddziaływanie, aby realizowali cele ekonomiczne, ekologiczne i społeczne przedsiębiorstwa, przyczyniając się do równoważenia potrzeb międzypokoleniowych. Zasady *sustainability* trzeba przenieść z peryferii zarządzania personelem do jego centrów. Oznacza to włączenie celów ekologiczno-społecznych do wszystkich podobszarów tego zarządzania, począwszy od planowania oraz rekrutacji, selekcji i doboru kadr, poprzez rozwój i motywowanie pracowników, a skończywszy na ich ocenie. Podejście to różni się od dotychczasowych praktyk, polegających w większości przypadków na okazjonalnym podejmowaniu przez podmioty gospodarcze działań z zakresu zrównoważonego rozwoju, uzasadnianych chęcią poprawy wizerunku czy wpisania się w modne trendy”³⁵. Ujęcie, w którym kadra ma za zadanie nie tylko osiągać cele organizacji w sposób skuteczny i efektywny, ale również dbać o poszanowanie środowiska i jego zasobów naturalnych, by zapewnić przyszłym pokoleniom stabilną i bezpieczną przyszłość, świadczy o dojrzałości organizacji, o organizacji wrażliwej. Autor w pełni identyfikuje się ze stwierdzeniem, że ludzie są najcenniejszym kapitałem w organizacji. To właśnie dzięki odpowiednio dobranym i właściwie zarządzanym pracownikom dojrzałe społecznie przedsiębiorstwo może nie tylko osiągnąć zamierzone cele, ale również przyczynić się do ogólnego rozwoju społeczności lokalnej czy też – w przypadku większych organizacji o zasięgu światowym – do rozwoju społeczności o zasięgu ponadlokalnym.

Podejście procesowe jest charakterystyczne dla nowoczesnych koncepcji zarządzania i wywodzi się od poglądów M.E. Portera, który w swoim łańcuchu wartości dostrzegał potrzebę holistycznego spojrzenia na procesy w przedsiębiorstwie. Postrzeganie organizacji przez pryzmat realizacji skwantyfikowanych zadań cząstkowych wyraźnie utrudnia optymalizację efektywnego i skutecznego osiągania przez nią celów. Ujęcie procesowe w zarządzaniu wymaga zgoła innego spojrzenia, należy bowiem zwrócić uwagę na wszystkie procesy towarzyszące zarządzaniu przedsiębiorstwem. Przez podejście procesowe rozumieć trzeba identyfikację procesów, określenie ich zależności i kolejności, ustalenie kryteriów i metod zapewnienia oraz oceny skuteczności, regularne monitorowanie, mierzenie i analizowanie, jak również wprowadzanie wszelkich działań korygujących niezbędnych do osiągnięcia zaplanowanych wyników oraz ich ciągłego doskonalenia³⁶.

³⁴ M. Armstrong, *Zarządzanie zasobami ludzkimi. Strategia i działanie*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 1996, s. 9.

³⁵ A. Pabian, *Zrównoważone zarządzanie zasobami ludzkimi – zarys problematyki*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 17/2015, s. 7-16.

³⁶ L. Bukowski, *Miejsce logistyki w naukach stosowanych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie”, 103/2017, s. 38-40.

Możemy się spotkać z różnymi definicjami procesu. W literaturze przedmiotu termin ten jest rozumiany niejednoznacznie, a nawet mylony z takimi pojęciami, jak: „czynność”, „zadanie” czy „procedura”. Autor niniejszej monografii przytoczy definicje, które jego zdaniem najtrafniej oddają sens omawianego terminu.

W opinii P. Grajewskiego „proces jest zbiorem sekwencyjnych czynności, powiązanych zależnościami przyczynowo-skutkowymi w tym sensie, że rezultaty działań poprzedzających są wejściami działań następujących po nich. Każdą czynność lub zbiór czynności można przedstawić jako proces, w wyniku którego z pewnej wartości początkowej, czyli nakładu, otrzymujemy rezultat, a więc nakład przekształcony i wzbogacony o wartość dodaną stanowiącą wynik procesu”³⁷. Po analizie ewolucji podejścia procesowego w zarządzaniu warto wskazać na perspektywiczne kierunki rozwoju tej koncepcji. Dorobek podejścia procesowego został doceniony przez wiele szkół, metod czy narzędzi zarządzania. Wszędzie tam, gdzie ważne jest dynamiczne ujęcie organizacji, podejście procesowe zostało niejako inkorporowane przez inne koncepcje zarządzania³⁸. Taka tendencja przejawia się w definicji normy PN-EN ISO 9000:2006, według której „proces to zbiór działań wzajemnie powiązanych lub wzajemnie oddziałujących, które przekształcają wejście w wyjście”³⁹. Zatem ukierunkowanie przedsiębiorstwa na określone i opracowane procesy nazywa się podejściem procesowym. Polska norma definiuje podejście procesowe jako systematyczną identyfikację procesów stosowanych w organizacji i zarządzanie nimi, a szczególnie wzajemnymi oddziaływaniami między tymi procesami. Takie podejście wskazuje na potrzebę holistycznego widzenia zachodzących w całym przedsiębiorstwie procesów i powiązań między nimi.

Podejście procesowe koncentruje się na sekwencjach działań podejmowanych w przedsiębiorstwie i poza nim oraz na powiązaniach między nimi w celu osiągnięcia zamierzonych rezultatów. Zaleca ono całościowe myślenie o procesach jako powiązanych ze sobą czynnościach (naczyniach połączonych). W ujęciu tym zakłada się, że każdy podmiot jest zbiorem wzajemnie przeplatających się procesów, których identyfikacja pozwala na lepsze zrozumienie tworzenia wartości, a usprawnienie i ciągłe doskonalenie zwiększają efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa i stopień zadowolenia klientów⁴⁰. Każdy zidentyfikowany proces powinien mieć jednoznacznie określoną osobę odpowiedzialną za nadzór i doskonalenie tego procesu. Taki właściciel (lider) procesu powinien mieć realny wpływ na przebieg procesu, posiadać stosowne

³⁷ P. Grajewski, *Procesowe zarządzanie organizacją*, PWE, Warszawa 2012, s. 30-70.

³⁸ G. Jokiel, *Podejście procesowe w zarządzaniu – geneza i kierunki rozwoju koncepcji*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, Wrocław 2009, s. 20-21.

³⁹ Polska Norma PN-EN ISO 9000:2006 System zarządzania jakością. Podstawy i terminologia, PKN, Warszawa 2006, s. 33.

⁴⁰ A. Marciszewska, *Podejście procesowe w zarządzaniu małą firmą*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, Wrocław 2009, s. 20-21.

uprawnienia, dysponować zasobami niezbędnymi do zapewnienia poprawnego funkcjonowania procesu i jego ciągłego udoskonalania. Do tego niezbędna jest poprawna komunikacja między klientami wewnętrznymi i dostawcami w organizacji. W takim ujęciu warto zastosować analogiczne praktyki do tych wykorzystywanych w zarządzaniu projektami: lider odpowiedzialny za proces tworzy zespół roboczy z osób należących do działów wewnętrznych, które jednocześnie są klientami wewnętrznymi tego procesu.

Efektywne zarządzanie przedsiębiorstwem, bez względu na jego wielkość oraz zakres i charakter działalności, wymaga stosowania nowoczesnych koncepcji zarządzania oraz skutecznych narzędzi oferowanych przez teorię i praktykę⁴¹. Podejście procesowe oznacza systemową integrację wszystkich procesów (fizycznych i informacyjnych oraz wszystkich zasobów – zapasów i infrastruktury) w jeden spójny system przedsiębiorstwa. Nowoczesne systemy zarządzania wymagają racjonalnej organizacji przedsiębiorstwa i skutecznego zarządzania wszystkimi procesami gospodarczymi. Podejście procesowe doskonale wpisuje się w definicję zarządzania, bowiem zarządzanie jest procesem. Ujęcie procesowe przywraca „normalność” i pozwala na kompleksowe zarządzanie działaniami, a nie ich rozczłonkowanymi fragmentami. Omawiane ujęcie to nie tylko zmiana struktury organizacyjnej i sposobu jej postrzegania, lecz przede wszystkim zmiana sposobu zarządzania organizacją, a także mentalności pracowników i podmiotów współpracujących z organizacją. Pamiętać należy, że podejście procesowe wymaga akceptacji dualizmu władzy w organizacji, co utrudnia jego wdrożenie. Charakteryzowane podejście oddziałuje na wszystkie obszary organizacji: strategię, strukturę, kompetencje, kulturę, style kierowania. Procesowa orientacja przedsiębiorstw stanowi swoiste spoiwo w rozwoju organizacyjnym. Jest koncepcją, która ma swoje metody naukowe i język opisu rzeczywistości organizacyjnej przedsiębiorstwa. Współczesnym źródłem jej rozwoju są systemy zarządzania jakością bazujące na podejściu procesowym i systemy zarządzania informacją. Również rozwój programów podnoszenia efektywności ma swoje źródła w podejściu procesowym czy też w uwzględnianiu procesów w budowie takich programów⁴².

1.2.1. Zarządzanie logistyczne

Logistyka jako podsystem w systemie zarządzania zajmuje kluczową pozycję, wiąże bowiem wiele faz działalności przedsiębiorstwa. W przeszłości jej problemy były postrzegane w wąskim ujęciu – jako usprawnienie dystrybucji towarów przez efektyw-

⁴¹ R. Krupski, *Podstawy organizacji i zarządzania*, Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, „Prace Naukowe nr 1. Zarządzanie i Marketing”, Wałbrzych 2004, s. 32-35.

⁴² W. Cieśliński, *Podejście procesowe w zarządzaniu małą firmą*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, Wrocław 2009, s. 46.

na organizację i zarządzanie transportem oraz gospodarką magazynową⁴³. Przyczyn rozwoju zarządzania logistycznego jest wiele. Do najważniejszych możemy zaliczyć⁴⁴:

- wyczerpanie się możliwości wzrostu efektywności w sferze produkcji, techniki i technologii;
- zmianę podejścia do zapasów – zapas to rezerwa, pozwala przetrwać trudne czasy; to nie tylko koszt związany z jego przechowywaniem, który ukrywa niesprawności występujące w procesie, ale również zamrożony kapitał, którego przedsiębiorstwo nie może inwestować, żeby się rozwijać;
- globalizację działań przedsiębiorstw;
- szersze możliwości pojawiające się przed zarządzaniem logistycznym dzięki postępowi technicznemu, szczególnie związanemu z przetwarzaniem danych przy zastosowaniu technik komputerowych.

Przedsięwzięcia logistyczne dotyczą działalności prawie wszystkich komórek organizacyjnych, toteż zarządzanie nimi powinno odbywać się w sposób holistyczny i systemowy. Logistyka jako podsystem w systemie zarządzania ma kluczową pozycję, wiąże bowiem wiele faz działalności przedsiębiorstwa⁴⁵. W praktyce funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw, nie tylko dużych, a także w coraz większym stopniu średnich i małych, logistyka jest na coraz większą skalę i z coraz lepszymi efektami wkomponowywana w systemy zarządzania. P. Blaik podkreśla rosnącą potrzebę systemowego traktowania i kształtowania funkcji procesów oraz instrumentów logistycznych w aspektach integracyjnych, mających znaczenie dla całego systemu zarządzania⁴⁶.

Niezwykle istotne cele i zadania stawiane logistyce w przedsiębiorstwie wymagają odpowiedniego zarządzania tą sferą funkcjonowania przedsiębiorstwa. A. Koźmiński i W. Piotrowski stwierdzają, że zarządzanie logistyczne polega na zintegrowanym zarządzaniu wszystkimi powiązanymi działaniami przepływu materiałów i dóbr – od źródeł zaopatrzenia do użytkownika wyrobów gotowych, w celu poprawy działania systemu. Efektem zarządzania logistycznego jest przede wszystkim sprawne zaspokajanie potrzeb klientów. Sprawność procesów logistycznych ma więc wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstwa⁴⁷.

Logistyka jest koncepcją zarządzania procesami przepływu dóbr opartą na zintegrowanym oraz systemowym ujęciu procesów zachodzących w jej obrębie. Kluczową rolę odgrywa w niej taka koordynacja przepływów, by ich koszty były jak najmniejsze. Zawiera się w niej również wiedza ekonomiczna. Logistyka zajmuje się badaniem prawidłowości zjawisk przepływu dóbr oraz informacjami o poszczególnych ogniwach gospodarki.

⁴³ I. Dembińska-Cyran, M. Jedlińska, *Usługi logistyczne*, [w:] S. Flejterski, A. Panasiuk, J. Perenc, G. Rosa, *Współczesna ekonomika usług*, PWN, Warszawa 2005, s. 230.

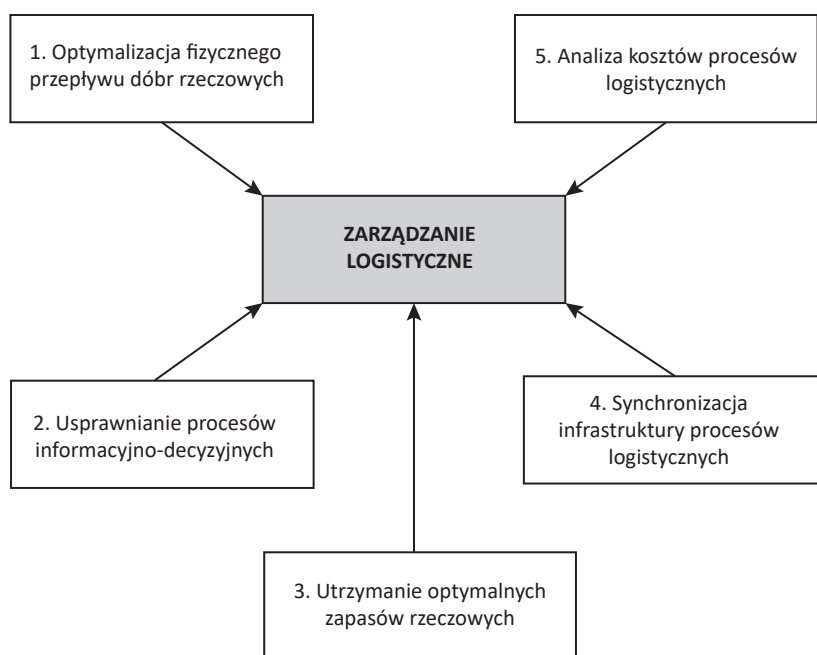
⁴⁴ S. Krawczyk, *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001, s. 103.

⁴⁵ W. Sitko, E. Mieszajkina, *Zarządzanie logistyczne w małych przedsiębiorstwach*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie”, 9/2016, s. 453.

⁴⁶ P. Blaik, *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*, PWE, Warszawa 2010, s. 36.

⁴⁷ A.K. Koźmiński, W. Piotrowski, *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa 2000, s. 223.

Podstawowe sfery zarządzania procesami logistycznymi w przedsiębiorstwie to: transport, składowanie, utrzymywanie zapasów, obsługa klienta, realizacja zamówień, przepływ informacji. Tym samym stwierdzić należy, iż bez funkcji, takich jak planowanie, organizowanie, sterowanie i kontrolowanie, nie jest możliwe efektywne i sprawne wdrożenie logistycznego myślenia oraz działania w wymienionych sferach zarządzania procesami logistycznymi⁴⁸. W zarządzaniu współczesnym przedsiębiorstwem jedną z najważniejszych kompetencji jest umiejętność funkcjonowania w burzliwym otoczeniu, dostosowania się do zmiennych oczekiwań klientów, a także reagowania na nowości i atrakcyjne oferty konkurentów. Obszary zarządzania logistycznego zostały trafnie przedstawione przez S. Abta⁴⁹.



Rys. 1.1. Obszary zarządzania logistycznego

Źródło: S. Abt, *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1998, s. 34.

W przedsiębiorstwie można wyróżnić pięć obszarów zarządzania logistycznego, które dobrze ilustrują treść tego zarządzania⁵⁰. Stanowią je (rysunek 1.1):

⁴⁸ A. Sobotka, *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwach budowlanych*, „Górnictwo i Geoinżynieria”, 3(1)/2005, s. 373.

⁴⁹ S. Abt, *op. cit.*, s. 28.

⁵⁰ *Ibidem*, s. 34-35.

1. Optymalizacja fizycznego przepływu dóbr rzeczowych:
 - opracowanie nowej strategii dla rozwoju przedsiębiorstwa, czyli strategii logistycznej, poprzez budowę łańcuchów logistycznych,
 - zarządzanie logistyczno-marketingowe, umożliwiające dobór surowców i opakowań adekwatnie do zmieniających się potrzeb konsumentów,
 - symulacja komputerowa i wybór optymalnych rozwiązań,
 - integracja czynności związanych z procesami logistycznymi.
2. Usprawnienie procesów informacyjno-decyzyjnych:
 - wprowadzenie informatycznego wspomaganie zarządzania,
 - rozwój nowych technik produkcyjnych oraz transportowych, pozwalających na lepsze wykorzystanie systemów wspomaganie komputerowego oraz zintegrowanych systemów zarządzania,
 - automatyczna identyfikacja za pomocą kodów kreskowych, usprawniająca weryfikację informacji o przepływie dóbr,
 - elektroniczna wymiana danych – bezpapierowe systemy ewidencji.
3. Utrzymanie optymalnych zapasów rzeczowych:
 - synchronizacja transportowa z gospodarką zapasami, pozwalająca na wyznaczenie optymalnej wielkości partii dostaw i bezpiecznej częstotliwości dostaw,
 - pojawienie się nowoczesnych koncepcji zarządzania (np. *Just-in-Time*, planowanie potrzeb materiałowych – MRP, planowanie zasobów produkcyjnych – MRP II, ERP, optymalizacja technologii produkcji czy planowanie dystrybucji zapasów – DRP), prowadzących do udoskonalania technik sterowania zapasami, a w rezultacie do ich optymalizacji,
 - zapewnienie terminowości dostaw przy podwyższonym poziomie jakości świadczenia usług, prowadzące do zmniejszenia kosztów magazynowania,
 - zagwarantowanie jakości (przez gotowość dostawczą, lepszą jakość przesyłek, terminowość, elastyczność w stosunku do zmian, niezawodność i dyspozycyjność środków transportu), zapewniające konkurencyjność produktów przedsiębiorstwa wobec innych partnerów na rynku.
4. Synchronizacja infrastruktury procesów logistycznych:
 - koordynacja zamówień odbiorców z manipulacjami transportowymi, składowaniem i gospodarką opakowaniami dzięki prognozowaniu popytu, planowaniu potrzeb materiałowych oraz realizacji dostaw,
 - synchronizacja prac transportu zewnętrznego oraz wewnętrznego, z uwzględnieniem przeładunków i warunków magazynowania, a także odpowiednich środków transportowych,
 - koordynacja wyboru źródeł zakupu, programowania oraz planowania potrzeb materiałowych i sterowania zapasami,
 - dobór systemu automatycznej identyfikacji oraz rodzaju opakowań stosownie do potrzeb identyfikacyjnych w łańcuchach logistycznych,

- dostosowanie procesów informacyjnych do działań dotyczących pozyskiwania i gromadzenia oraz ich transformacji prowadzącej do ustalenia potrzeb materiałowych.
5. Analiza kosztów procesów logistycznych:
- analiza kosztów infrastruktury logistycznej,
 - skrócenie czasu realizacji usług transportowych,
 - zmniejszenie zapasów i kosztów magazynowania – jest to bardzo ważny aspekt zarządzania logistycznego, od którego zależy tak naprawdę to, czy mamy do czynienia w przedsiębiorstwie z *positive cash flow*, czy *negative cash flow*,
 - zastosowanie metod ABC oraz XYZ do grupowania materiałów i towarów o jednakowych kosztach i do oceny asortymentu przez pryzmat „cЕННОści” określonej udziałem w wartości łącznego zużycia,
 - wprowadzenie metod controllingu w zakresie kosztów,
 - właściwe wykorzystanie czasu w układzie przestrzennym,
 - włączenie do obsługi usługodawców logistycznych, czyli tzw. outsourcing usług logistycznych; te procesy, które nie są atutem przedsiębiorstwa, mogą być delegowane zewnętrznym firmom, mogącym to zrobić znacznie lepiej, a tym samym wypracować wartość dodaną,
 - prowadzenie kompleksowego rachunku kosztów logistycznych.

Od dawna wiadomo, że o zabezpieczeniu funkcjonowania przedsiębiorstwa w długim okresie decyduje jego zdolność dopasowania się do zmian w otoczeniu. Problem polega jednak na tym, że dynamika zmian w otoczeniu jest tak duża, że tradycyjne metody i techniki często przestają być skuteczne. Dodatkowe ryzyko generuje coraz większa komplikacja procesów i ciągle zmniejszające się marże. Takie uwarunkowania wymagają zastosowania rozwiązań systemowych, które sprostają tym trendom i pozwolą posłużyć się dotychczas niewykorzystanymi „lukami wartości”. Jednym z elementów takich rozwiązań jest delegowanie uprawnień i odpowiedzialności na niższe szczeble, czego konsekwencją jest to, że menedżerowie z obszaru logistyki muszą dysponować wiedzą często wykraczającą poza ich wąską specjalizację. Controlling jest nowoczesnym podejściem do zarządzania, zakładającym partycypację w procesie podejmowania decyzji menedżerów wszystkich szczebli zarządzania. Jego metodyka pozwala lepiej wykorzystać zasoby przedsiębiorstwa, optymalizować koszty w całym łańcuchu dostaw i skutecznie budować przewagę konkurencyjną⁵¹.

Traktowanie controllingu jako instrumentu zarządzania logistycznego daje możliwość wykorzystywania go we wszystkich zakresach funkcjonalności, takich jak planowanie, organizowanie i kontrola. Ujęcie controllingu w aspekcie operacyjnym i strategicznym – zdaniem S. Marciniaka – „pozwała na wykorzystanie analizy controllingowej w każdej dziedzinie działalności przedsiębiorstwa. Controlling wyróżniony na podstawie kryterium przedmiotu lub rodzaju działalności powinien zapewniać właściwe monitoro-

⁵¹ M. Dobija, *Rachunkowość zarządcza i controlling*, PWN, Warszawa 1999, s. 61.

wanie działań związanych z danym kryterium, ich analizę i ocenę przebiegu procesów nie tylko gospodarczych, lecz także społeczno-gospodarczych, zarówno o charakterze makro, jak i mikro”⁵².

Zastanawiając się nad zależnością między zarządzaniem a controllingiem, należy przede wszystkim określić relacje między nimi. Wyrażane są one za pomocą funkcji zarządzania (planowanie i podejmowanie decyzji, organizowanie, kierowanie i motywowanie, kontrolowanie). Jedynie w sytuacji właściwego spełniania funkcji zarządzania możliwe jest stworzenie skutecznego systemu controllingu, który mógłby być realnie wykorzystywany przez decydenta do podejmowania optymalnych decyzji.

Podporządkowanie działalności logistycznej wymogom obsługi klienta z uwzględnieniem korzyści ekonomicznych przedsiębiorstwa jest zgodne z uproszczoną definicją logistyki, określaną jako formuła 7R (*Right product, Right quantity, Right quality, Right place, Right time, Right customer, Right price*), co w polskiej nomenklaturze funkcjonuje jako formuła 7W – zapewnienie dostępności właściwych produktów, we właściwej ilości, o właściwej jakości, we właściwym miejscu i czasie, właściwemu odbiorcy, po właściwej cenie.

W ramach zarządzania logistycznego szczególne miejsce, zdaniem autora niniejszej monografii, zajmują takie koncepcje, jak: zarządzanie logistycznym łańcuchem dostaw, *Just in Time*, *Kaizen*, a także *Kanban*. To właśnie dzięki różnym koncepcjom zarządzania logistyka zajmuje równorzędną pozycję wraz z innymi funkcjami organizacji, przyczyniając się do tworzenia bieżącej (aktualnej) przewagi konkurencyjnej.

Podstawowym przedmiotem w ramach analizy logistycznej jest łańcuch logistyczny, stworzony na podstawie teorii łańcucha wartości przedsiębiorstwa i obejmujący swym zasięgiem całościowe spojrzenie na produkt: od momentu pozyskania surowców niezbędnych do jego powstania, po wykorzystanie go przez finalnego nabywcę⁵³. Koncepcja zarządzania łańcuchem dostaw opracowana została m.in. dzięki przedsiębiorstwom, które nie radziły sobie z nadmiarem zapasów magazynowych. Nie posiadały one dostatecznych informacji o popycie na rynku, przez co często nieumiejętnie zarządzano w nich zapasami i magazyny firm były przetowarowane. Przetrzymanywanie ogromnej ilości zapasu nierotującego jest dla firm bardzo dużym kosztem, co skłoniło do prac nad lepszym zarządzaniem łańcuchem dostaw. Mimo intensywnie ewoluujących w ostatnich latach, niezliczonych definicji łańcucha dostaw i zarządzania nim można zdefiniować jego istotę – wspólny mianownik łączący wszystkie jego ujęcia⁵⁴. Najprościej ujmując, można stwierdzić, że łańcuch dostaw to zorganizowana grupa przynajmniej trzech firm reprezentujących sfery zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji, realizująca procesy logi-

⁵² D. Janczewska, *Controlling w logistyce*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, XV, 5/2014, s. 115.

⁵³ M. Winiewicz-Bosy, *Miejsce logistyki i łańcucha dostaw w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu”, 1(33)/2013, s. 183.

⁵⁴ S. Piocha, J. Dyczkowska, *Zarządzanie łańcuchem dostaw – logistyka zaopatrzenia*, „Logistyka – Nauka”, 5/2012, s. 734.

styczne, w tym i pozalogistyczne⁵⁵. Proces logistyczny stanowi uporządkowany i uregulowany łańcuch operacji, bezpośrednio związany z przepływem materiałów. Polega na przemieszczaniu towarów przez kolejne obszary działalności przedsiębiorstwa – od pozyskania surowców aż po dostarczenie gotowego produktu do rąk odbiorcy (transport, zasilanie stanowisk pracy, kształtowanie struktury zapasów, logistyczna obsługa klienta, magazynowanie, gospodarka opakowaniami). Celem wszystkich działań w łańcuchu jest zapewnienie sprawnego przepływu materiałów, produktów i usług, poczynając od miejsca pochodzenia danego dobra, a kończąc na odbiorcy finalnym⁵⁶. Warunkiem koniecznym funkcjonowania omawianego łańcucha w przedsiębiorstwie jest stworzenie łańcucha magazynowo-transportowego, który stanowi podstawę działania całego łańcucha logistycznego. Składają się na niego technologiczne połączenia punktów magazynowych i przeładunkowych drogami przewozu ładunków, a także skoordynowanie operacji magazynowania i transportu pod względem organizacyjnym, rozplanowanie procesów zamówień, polityki zapasów oraz wszystkich ogniw tego łańcucha⁵⁷ (rysunek 1.2).

Jednym z najbardziej powszechnych sposobów na zmniejszenie ilości zapasów jest zastosowanie koncepcji *Just in Time* (JiT, dokładnie na czas). „Koncepcja *Just in Time* opiera się głównie na czterech założeniach: redukcja zapasów do minimum, małe i częste dostawy dóbr, krótkie cykle realizacji zamówień, wysoka jakość”⁵⁸. *Just in Time* polega na dostarczaniu do przedsiębiorstwa tylko tego, co jest potrzebne, wtedy, kiedy jest potrzebne, i dokładnie tam, gdzie jest to potrzebne. Punktem wyjścia systemu jest optymalne sterowanie zewnętrznymi i wewnętrznymi procesami zaopatrywania i dystrybucji celem redukcji kosztów przez eliminację wszelkiego marnotrawstwa⁵⁹. Do celów *Just in Time* zaliczyć należy zatem zarządzanie cyklami realizacji zamówień oraz likwidację marnotrawstwa. JiT jest metodą planowania i kontroli produkcji opartą na określonym sposobie działania. Jej cele, jak już wspomniano, stanowią eliminacja z całego procesu produkcyjnego każdego rodzaju strat poprzez produkowanie właściwych produktów w żądanej ilości i czasie oraz dostarczenie ich do potrzebnych miejsc dokładnie wtedy, kiedy są potrzebne. Działania planistyczne i usprawniające nie mogą mieć, jak dotychczas, charakteru selektywnego i dotyczyć każdego z procesów z osobna⁶⁰.

⁵⁵ S. Kot, *Podstawy zarządzania łańcuchem dostaw*, [w:] S. Kot, M. Starostka-Patyk, D. Krzywda, *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009, s. 6-7.

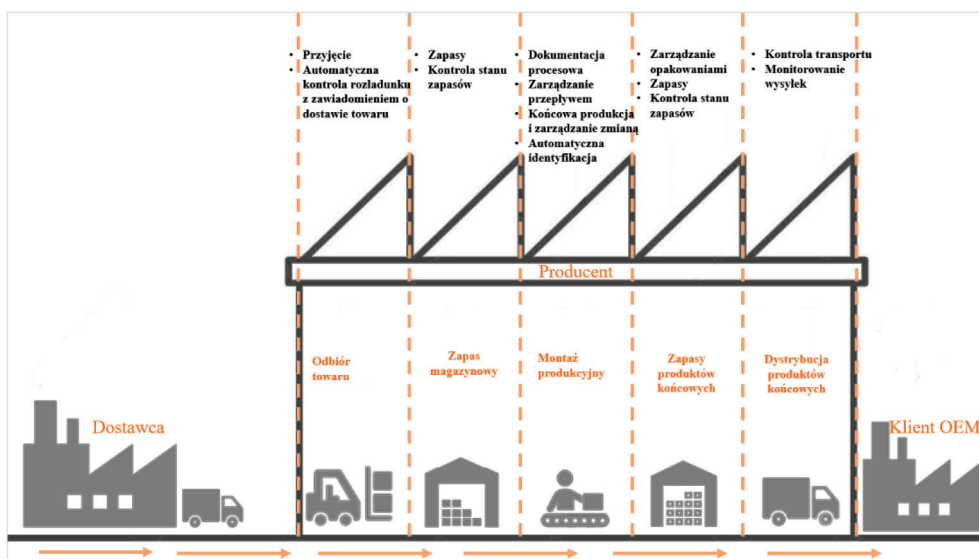
⁵⁶ T. Waściński, *Procesy logistyczne w zarządzaniu łańcuchem dostaw*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie”, 103(30)/2014, s. 29.

⁵⁷ E. Gołemska, *Kompedium wiedzy o logistyce*, PWE, Warszawa-Poznań 1999, s. 17-18.

⁵⁸ J. Długosz, *Metody sterowania przepływami w przedsiębiorstwie*, [w:] *Instrumenty zarządzania logistycznego*, red. M. Ciesielski, PWE, Warszawa 2006, s. 12-14.

⁵⁹ K. Ficoń, *op. cit.*, s. 212.

⁶⁰ B. Liwowski, R. Kozłowski, *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006, s. 105.



Rys. 1.2. Schemat zarządzania łańcuchem dostaw producenta Tier 1

Źródło: opracowanie własne.

Kaizen w języku japońskim oznacza ciągłe doskonalenie wykonywanej pracy, które dotyczy zarówno kierownictwa przedsiębiorstwa, jak i szeregowych pracowników. Uważa się, że *Kaizen*, jako jedna z koncepcji zarządzania, przyczyniła się do sukcesu rynkowego Japonii. Doskonalenie zgodnie z zasadami *Kaizen* odbywa się powoli, ale sam proces przynosi wymierne wyniki w dłuższej perspektywie czasowej⁶¹. Mamy więc w tej metodzie ciągłe działanie (ciągły proces) ukierunkowane na ulepszanie. *Kaizen* od koncepcji zachodnich wyróżnia oparcie na technologii i pracownikach każdego szczebla organizacyjnego (klasyczne zachodnie podejście bazuje głównie na działaniach innowacyjnych, charakteryzujących się koniecznością dokonywania inwestycji w najnowsze narzędzia i technologie oraz zaangażowania specjalistów). W *Kaizen* kierownicy nakłaniają pracowników do ciągłego analizowania procesów, zasad i standardów, wyrobów oraz metod dystrybucji w celu identyfikacji pomyłek i opracowywania nowych rozwiązań. Potrzebne do tego umiejętności są nieskomplikowane – często wystarcza jedynie zdrowy rozsądek. Rezultaty, jakie można uzyskać dzięki *Kaizen*, znane są w Polsce pod nazwą wniosków racjonalizatorskich⁶², zaś sama omawiana metoda tak naprawdę skupia się na największym bogactwie przedsiębiorstwa – na pracownikach. Możemy stwierdzić, że

⁶¹ D. Łągowska, *Kaizen w zarządzaniu logistyką wyjściową na przykładzie Spółki Malow w Suwałkach*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej”, 120/2018, s. 242.

⁶² J. Korczak, *Inżynieria procesów logistycznych*, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2013, s. 74.

koncepcja *Kaizen* bazuje na potencjale wiedzy zgromadzonym w firmie, a więc mamy w niej do czynienia z aktywnym zarządzaniem. W teorii organizacji i zarządzania wypracowano szereg typologii i ujęć funkcji zarządzania. W tradycyjnej interpretacji funkcje zarządzania rozpatruje się jako zestaw działań obejmujących planowanie i podejmowanie decyzji oraz organizowanie i przewodzenie, co prowadzi do kierowania i kontrolowania ludźmi (pracownikami) w taki sposób, aby organizacja (przedsiębiorstwo) osiągała wyznaczone cele w sposób sprawny i skuteczny⁶³.

Kanban jest jednym z powszechnie stosowanych narzędzi w organizacji i sterowaniu procesami produkcji. Opracowany został przez japońską firmę Toyota Motor Company i jest definiowany jako system organizacji dostaw części, półfabrykatów, materiałów do produkcji w momencie faktycznego zapotrzebowania na te elementy. W języku japońskim *Kanban* oznacza kartkę, etykietkę, przywieszkę. W praktyce gospodarczej jest to sztywna kartka papieru o wymiarach 20 × 10, służąca do przemieszczania wytworzonego elementu z jednego stanowiska obróbki na kolejne, stanowiąca nośnik wymiany zawartych na niej informacji pomiędzy poszczególnymi gniazdami produkcji. Systemy *Kanban* wykorzystuje się nie tylko wewnątrz przedsiębiorstwa, ale także w jego kontaktach z dostawcami⁶⁴. Znajdują zastosowanie w logistyce wewnętrznej w celu wskazania potrzeby produkcji lub przemieszczenia materiału w systemie produkcji ssącej. Jest to system komunikacyjny przekazujący informację, co i kiedy produkować, albo co i kiedy należy zamówić u dostawcy, przy użyciu karty albo pojemnika. Karta *Kanban* przyczynia się do tego, że przedsiębiorstwo może wytworzyć tylko tyle produktów, ile zostało zamówionych przez klienta. Proces klienta zamawia części dokładnie w ilościach określonych przez *Kanban*, a proces dostawcy produkuje części dokładnie w ilościach i sekwencji określonych przez *Kanban*⁶⁵. Ograniczanie pracy w toku jest jednym z głównych założeń tej metody. Jest ona kontrolowana przez wizualizację pracy i określenie maksymalnej liczby zadań dla kolejnych etapów procesu. Jest to podstawowe narzędzie wykorzystywane do optymalizacji procesu. Umożliwia ono adaptację procesu w taki sposób, aby czas jego odpowiedzi, a więc też czas realizacji zadań, był odpowiednio krótki. Dzięki zaletom *Kanban* w większości firm po wdrożeniu tego systemu uzyskuje się zwiększenie produktywności i poprawę wyników finansowych firmy. Jest to możliwe ze względu na to, że *Kanban* nie opiera się na scentralizowanym planowaniu, lecz ze względu na to, że *Kanban* jest bardzo elastyczny i szybko reaguje na zmiany natężenia zamówień. Dzięki temu można zagwarantować płynność produkcji, gdyż materiały trafiają na linię produkcyjną w ustalonym czasie i, co najważniejsze, w odpowiedniej ilości. To natomiast

⁶³ M. Kłak, *Zarządzanie wiedzą we współczesnym przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomii i Prawa im. prof. Edwarda Lipińskiego w Kielcach, Kielce 2010, s. 42.

⁶⁴ M. Pałęga, E. Staniewska, *Zastosowanie karty Kanban w przedsiębiorstwie przemysłowym*, „Logistyka”, 6/2012, s. 545.

⁶⁵ A. Piasecka-Głuszak, *Lean Management w logistyce wewnętrznej przedsiębiorstw na rynku polskim – wyniki badań ankietowych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 249/2015, s. 319.

minimalizuje niebezpieczeństwo wystąpienia braku materiałów potrzebnych do produkcji i w konsekwencji wystąpienia przestojów produkcyjnych, powodujących utratę efektywności. Należy przy tym pamiętać, że koncepcja *Kanban* wcale nie narzuca, by była to specjalna karta jako wywołanie zapotrzebowania, w wielu przedsiębiorstwach tego typu wywołanie jest bowiem prowadzone za pomocą pustych opakowań na części czy stalowych puszek na części.

Niewątpliwie jednym z zasadniczych impulsów do wdrażania różnych systemów zarządzania jest potrzeba uzyskania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Zarządzanie logistyczne nie jest łatwe, ale efektywnie i sumiennie prowadzone może przynieść ogromną wartość dodaną dla przedsiębiorstwa. To właśnie dobrze zarządzana logistyka może zapewnić przedsiębiorstwu konkurencyjną pozycję na rynku⁶⁶. Kreowanie w ramach zarządzania logistycznego zasobu kluczowych kompetencji, do których należą umiejętność do zorganizowanego i powtarzającego się wdrażania różnych koncepcji zarządzania, umiejętności usystematyzowanego i powtarzającego się wdrażania innowacji poprzez stosowanie nowych narzędzi logistycznych, umożliwiała przedsiębiorstwom produkcyjnym uzyskanie dominacji w długotrwałym okresie, wynoszącym nawet kilka lat⁶⁷.

1.2.2. Istota i cele zarządzania logistycznego

Logistykę i zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie, jako narzędzie informacyjno-decyzyjne integrujące trzy podstawowe przepływy: materiałów, informacji i pieniędzy, należy rozpatrywać w dwóch aspektach (przekrojach):

- integracji funkcji zarządzania,
- integracji obszarów zarządzania.

Klasyczne funkcje zarządzania znajdują się w komplementarnej, przekrojowej relacji do podstawowych obszarów (faz) zarządzania logistycznego realizujących procesy rzeczowe przedsiębiorstwa. Integracja funkcji zarządzania polega na spójnym, usystematyzowanym i równoczesnym sprawowaniu: planowania, organizowania i koordynowania, przewodzenia i motywowania oraz kontroli procesów logistycznych zachodzących w przedsiębiorstwie. Tak rozumiana „zamknięta pętla” funkcji zarządzania powinna być realizowana na poziomie zarówno strategicznym, jak i operacyjnym zarządzania logistycznego w poszczególnych obszarach (fazach) przebiegu procesów logistycznych przedsiębiorstwa. Integracja obszarów zarządzania polega natomiast na skonsolidowanym podejściu do kształtowania i regulowania wszelkich przepływów materiałowych i informacyjnych, obejmującym cały cykl wytwarzania, poczynwszy od określenia popytu rynku na produkty finalne, poprzez zakupy i produkcję, na dostawach produktów do od-

⁶⁶ J. Nowakowska-Grunt, *Strategie przedsiębiorstw na rynku usług logistycznych w Polsce i Europie*, „Logistyka”, 5/2011 s. 887.

⁶⁷ M. Szajt, *Działalność badawczo-rozwojowa w kształtowaniu aktywności innowacyjnej w Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010, s. 210-211.

biorców skończywszy. W strukturze tych przepływów wyodrębnia się trzy podstawowe fazy (obszary integracji): zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji (sprzedaży) – tworzące jako całość logistykę przedsiębiorstwa.

Poza produkcją i marketingiem logistyka wchodzi w liczne związki z innymi obszarami funkcjonalnymi firmy. W zasadzie można powiedzieć, że logistyka jest w pewien sposób związana ze wszystkimi obszarami organizacji, a zwłaszcza z działem finansów i księgowością, ponieważ odgrywa znaczącą rolę w zarządzaniu takimi aktywami firmy, jak magazyny i zapasy⁶⁸. Zmniejszenie poziomu zapasów magazynów, czyli jedno z zadań własnych logistyki, wpływa na dział finansów, gdyż rezultatem takiego działania jest pozytywny przepływ gotówki przedsiębiorstwa. Firma, nie mając zamrożonego kapitału w postaci dużych zapasów magazynowych, podwyższa stopę zwrotu z inwestycji, a tym samym przyspiesza przepływy pieniężne.

Istota i cele zarządzania logistycznego są wytyczane w ramach:

- logistyki zaopatrzenia,
- logistyki produkcji,
- logistyki dystrybucji,
- ekologii.

Logistyka zaopatrzenia wykorzystuje dostępne możliwości zaopatrzenia, koordynując przepływ towarów i informacji w celu zapewnienia przedsiębiorstwu materiałów używanych do produkcji lub do sfery handlu. Działania zaopatrzenia wykraczające zasięgiem poza przedsiębiorstwo, poza granice kraju, podejmowane są wewnątrz, ale oddziałują na zewnętrzne przygotowanie potrzeb materiałowych poprzez odpowiednie systemy – MRP. Istotny wpływ na koszty powstające w logistyce zaopatrzenia mają stosowane trzy zasady zewnętrznego zaopatrzenia materiałowego⁶⁹. Zaopatrywanie przedsiębiorstwa ma charakter strategiczny, a właściwe gospodarowanie nim pozwala na optymalizację kosztów. Istnieją bodźce sprzyjające rozwojowi przedsiębiorstwa, a także funkcjonują kontrahenci, którzy mogą uwarunkować postęp. System logistyki zaopatrywania łączy procesy przepływów materiałów i informacji od dostawców działających na rynku zaopatrzeniowym do magazynów przedsiębiorstwa. Integracja ta sprowadza się przede wszystkim do synchronizacji dostaw, której zadanie polega na tym, aby materiały potrzebne do produkcji znalazły się w momencie ich zapotrzebowania w składzie zaopatrzeniowym lub na linii produkcyjnej zgodnie z harmonogramem, niwelując tym samym nadmiary magazynowe, a docelowo ograniczając koszty wytworzenia. Ze względu na związek logistyki zaopatrywania z rynkiem nie wszystkie sytuacje decyzyjne, które mają wpływ na zaopatrywanie przedsiębiorstwa, występują wewnątrz firmy⁷⁰. Sterowanie

⁶⁸ J.J. Coyle, E.J. Bardi, C.J. Langley Jr., *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002, s. 68.

⁶⁹ G. Radziejowska, *Koncepcja logistyczna zaopatrzenia jako determinanta zarządzania materiałami w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 63/2013, s. 366.

⁷⁰ L. Kowalczyk, *Logistyka zaopatrzenia jako element infrastruktury logistycznej w gastronomii na wybranym przykładzie*, „Journal of Translogistics”, 2015, s. 141.

w obszarze zakupów wpływa w oczywisty sposób na poziom zapasów, koszty transportu i planowanie produkcji. Zakup dużej partii materiałów do produkcji obniża koszty transportu, również dzięki możliwości uzyskania rabatów ilościowych, ale równocześnie zwiększa późniejsze koszty utrzymywania zapasów. Zamawianie małych ilości z reguły prowadzi jednak do utraty rabatów ilościowych, a także do wzrostu kosztów administrowania zakupami ze względu na większą liczbę lokowanych u dostawców zamówień⁷¹. Zdaniem autora prezentowanej monografii logistyka zaopatrzenia jest jednym z kluczowych obszarów, na którym zarządzanie logistyczne powinno skupiać się najbardziej.

Z jednej strony mamy zakup materiałów po odpowiednich cenach, koszty transportów, które towarzyszą procesowi zakupu. O ile ceny zakupów są ogólnie ustalane w ramach kontraktów zawieranych z dostawcami, o tyle same transporty mogą generować dodatkowe koszty. Wielu przedsiębiorców odchodzi od warunków transportu DAP (*Delivery at Place*) z błahego powodu – organizując transport na własną rękę, mają zdecydowanie większy wpływ na koszty. Z drugiej strony to w ramach logistyki zaopatrzenia powstają i utrzymywane są zapasy magazynowe, a więc powstają koszty związane z utrzymaniem zapasu magazynowego, koszty utrzymania magazynu, a także koszty związane z utrzymaniem odpowiednio wyszkolonej kadry pracowniczej.

Celem logistycznie zorientowanych sposobów działania w zarządzaniu produkcją jest dostosowanie wszystkich działań do potrzeb rynku. Elementami takiej orientacji rynkowej logistyki są: działania ukierunkowane na produkt, działania ukierunkowane na realizację zamówień, orientacja na poziom obsługi logistycznej klienta. Tak rozumiana logistyka produkcji jest istotnym elementem systemu logistycznego przedsiębiorstwa przemysłowego, które poprzez integrację czynności wspierających proces produkcji stanowi ogniwo łączące logistykę zaopatrzenia z logistyką dystrybucji⁷². Każdy proces produkcyjny musi zawierać informacje o zestawieniu materiałowym wyrobu, procesie technologicznym, centrach roboczych, gniazdach przedmiotowych oraz liniach produkcyjnych, w których realizowane są kolejne operacje technologiczne, lokalizacji magazynów lub powierzchni odkładczych, z których zasila się operacje⁷³. Zależnie od potrzeb związanych z wielkością przedsiębiorstwa można, za A. Szymonik, dokonać podziału logistyki produkcji na: wydziałową, zakładową i międzyzakładową. Operacyjnym kryterium logistyki produkcji jest minimalizacja zapasów produkcji w toku. W praktyce oznacza to redukcję kosztów utrzymania tych zapasów. Zapasy produkcji w toku służą wyrównywaniu dysproporcji, jaka występuje w zapotrzebowaniu materiałowym poszczególnych stanowisk pracy w przedsiębiorstwie w określonym ciągu technologicznym⁷⁴. Zatem możemy stwierdzić, iż w ramach logistyki produkcji celami zarządzania logistycznego będą:

⁷¹ M. Christopher, *Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 2003, s. 77.

⁷² M. Ciesielski, *Podstawy wiedzy o logistyce*, AE, Poznań 2004, s. 65.

⁷³ M. Odlanicka-Poczobutt, E. Kulińska, *Usprawnienia w obszarze logistyki produkcji w przedsiębiorstwach branży krawieckiej*, „Logistyka”, 4/2014, s. 2291-2293.

⁷⁴ A. Szymonik, *Logistyka produkcji: procesy, systemy, organizacja*, Difin, Warszawa 2012, s. 88-90.

- realizacja wszystkich funkcji zarządzania, takich jak: planowanie, organizowanie, motywowanie oraz kontrola,
- organizacja sprawnego fizycznego dostarczania, przemieszczania (magazynowania) komponentów w systemie wytwarzania i informacjami towarzyszącymi temu zjawisku,
- projektowanie poprzez analizę poziomu obsługi klienta na podstawie zebranych informacji (opracowania koncepcji obsługi klienta, budowy systemu logistycznego zasilania produkcji i obsługi klienta).

Tak rozumiana logistyka produkcji, zdaniem autora, nie wyczerpuje jednak wszystkich zadań wynikających z celów podawanych w literaturze. Do zadań logistyki produkcji również należą inicjowanie i uczestniczenie w procesach zmian desingowych, a więc zmian dotyczących materiałów/części, z których przedsiębiorstwa w ramach procesu produkcji przekształcają w swoje wyroby gotowe. W ramach zarządzania takimi zmianami logistyka produkcji, spełniając założenia dokumentu *Design change notification flowchart*⁷⁵, inicjuje zmianę na stanowiskach produkcyjnych w ciągu technologicznym przedsiębiorstwa. Zarządzając takim procesem, logistyka produkcji zapewnia *traceability*, czyli pełną identyfikowalność. To jednak nie jest jedyny proces w obszarze logistyki produkcji, bowiem również w przypadku warunkowego dopuszczania części niezgodnych z rysunkiem technicznym lub ze specyfikacją materiału logistyka produkcji ma swój udział i cel. Celem tym jest wprowadzenie takich części na linię produkcyjną, jeżeli zostały dopuszczone do użycia za zgodą klienta. Efektywne zarządzanie logistyką produkcji nie tylko pozwala na minimalizowanie marnotrawstwa w postaci zbyt dużych zapasów materiałów w toku produkcji, ale również – poprzez integrację czynności wspierających produkcję – takie ułożenie planu, aby uniknąć częstych przebrojeń i tym samym zapewnić produktywność na odpowiednim poziomie.

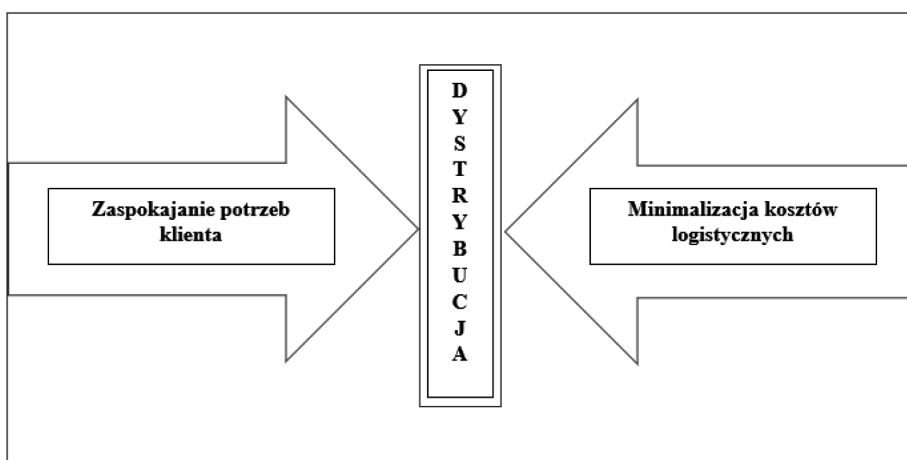
Cele zarządzania logistycznego w ramach logistyki dystrybucji dotyczą czynności związanych z pokonywaniem przestrzennych, czasowych, ilościowych i asortymentowych różnic występujących pomiędzy sferą produkcji a sferą konsumpcji⁷⁶. W sferze dystrybucji szczególne znaczenie mają standardy obsługi klienta wykraczające znacznie poza sam akt kupna-sprzedaży, a dotyczące kompleksowej i konkurencyjnej obsługi posprzedażowej, obejmujące serwis i usługi gwarancyjne oraz ciągłe kontakty marketingowe z konsumentem. Rola systemu dystrybucji wynika z naczelnej zasady współczesności logistyki, która postuluje konieczność skrócenia i przyśpieszenia wszelkich procesów na każdym etapie dystrybucji przy zachowaniu wymaganej jakości obsługi klienta⁷⁷. Dystry-

⁷⁵ Dokumenty mogą być nazwane inaczej w różnych firmach, niemniej jednak ich znaczenie jest identyczne.

⁷⁶ K. Dajczak, M. Sokołanko, *Organizacja systemu dystrybucji na przykładzie Anald – Żywiec Trade Sp. z o.o. – Oddział Wejherowo*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania Politechniki Koszalińskiej”, 12/2008, s. 19-20.

⁷⁷ A. Żurawska, E. Kulińska, *Koszty logistyki dystrybucji – relacja: decyzja – ryzyko – koszt*, „Logistyka”, 6/2015, s. 975.

bucja oznacza działalność zorientowaną na osiągnięcie zysków, co stanowi jej nadrzędny cel w ramach zarządzania logistycznego. Uzyskuje się to dzięki zintegrowanemu procesowi planowania, organizowaniu i kontroli sposobu przepływu produktów oraz związanych z nimi informacjami, a następnie zaoferowaniu gotowych do sprzedaży produktów, zapewnieniu jak najszybszego przebiegu procesu przy zachowaniu optymalnego poziomu jakości obsługi klientów, czyli zarządzaniu łańcuchami dostaw, przepływami wartości od dostawców do ostatecznych użytkowników. Za podstawowy cel dystrybucji uważa się dostarczenie odpowiednich towarów, w odpowiednim czasie, w odpowiednie miejsce, odpowiedniemu odbiorcy, przy jak najniższym koszcie. W praktyce jego osiągnięcie jest bardzo problematyczne, gdyż trudno jednocześnie podnosić poziom jakości usług i minimalizować poziom kosztów⁷⁸ (rysunek 1.3). Uzyskanie wysokiej jakości dystrybucji zależy od rozpoznania potrzeb i wymagań każdego rodzaju nabywców. Bardzo ważne jest przewidzenie wysokości popytu, bez którego firma nie osiągnie szybkiego wzrostu sprzedaży, gdyż nagłe zachwiania popytu będą go uniemożliwiały. Szybkie realizowanie zamówień klientów oraz dobór sprawnych i efektywnych kanałów dystrybucji stanowią kluczowe aspekty logistyki, prowadzące do osiągnięcia założonego celu firmy.



Rys. 1.3. Dychotomia logistyki dystrybucji

Źródło: A. Żurawska, E. Kulińska, *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1998, s. 975.

Cele zarządzania logistycznego w ramach logistyki dystrybucji to również procesy zaopatrzenia w opakowania, magazynowanie, fizyczna dystrybucja wyrobów, serwis i obsługa posprzedażowa, faza potransakcyjna oraz utrzymanie ruchu systemu pro-

⁷⁸ J. Śliżewska, D. Zadrozna, *Organizowanie i monitorowanie dystrybucji*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka z Ograniczoną Odpowiedzialnością, Warszawa 2014, s. 11.

dukcyjnego. Warto przy tym dodać, iż w obszarze celów dystrybucji znajdują się także procesy zasilania w materiały eksploatacyjne, przygotowanie i zapewnienie personelu obsługującego, obsługę konserwacyjno-remontową. Choć i tu rola logistyki dystrybucji się nie kończy, dobrze zarządzana dystrybucja, zdaniem autora, może niekiedy uratować przedsiębiorstwo z trudnych sytuacji. W razie pojawienia się problemów z produkcją zamówionego wyrobu dobre kontakty logistyki dystrybucji z klientem mogą bowiem zdziałać cuda⁷⁹: w ramach dobrej współpracy klient może na przykład zgodzić się na niewielkie opóźnienie w dostawie zamówionego towaru, a w tym czasie odebrać inny asortyment. Sprawnie działająca dystrybucja w ramach koncepcji CRM jest kluczowym punktem właściwego i efektywnego zarządzania logistycznego, pozwalając nie tylko minimalizować koszty logistyczne, lecz także uniknąć kar umownych za opóźnienia.

Ekologistyka (logistyka zwrotna), choć jest stosunkowo młodym podsystemem systemu logistycznego w Polsce, to jednak jest coraz częściej postrzegana przez polskich przedsiębiorców jako jedna z możliwości zapewnienia sporych oszczędności. W literaturze logistyka zwrotna jest terminem będącym w fazie rozwoju – być może dlatego nie ma zgodności co do jej ostatecznej definicji⁸⁰. Zdaniem autora najlepszej jej ujęcie zaproponował Z. Korzeń, określając ją jako „zintegrowany system, który opiera się na koncepcji zarządzania recyrkulacyjnymi przepływami strumienia materiałów odpadowych w gospodarce oraz przepływami sprzężonych z nimi informacji, zapewnia gotowość i zdolność efektywnego gromadzenia, segregacji, przetwarzania oraz ponownego wytwarzania odpadów według przyjętych zasad technicznych i procesowych, spełniających wymogi normowe i prawne ochrony środowiska, umożliwia podejmowanie technicznych i organizacyjnych decyzji w kierunku zmniejszania (minimalizacji) tych negatywnych skutków oddziaływania na środowisko”⁸¹. Z jednej strony przytoczona definicja sugeruje podejście ekologiczne i skupienie się przede wszystkim na redukcji negatywnego wpływu człowieka na środowisko naturalne, z drugiej strony sprawna ekologistyka przedsiębiorstwa prowadzi do wzrostu jego potencjału ekonomicznego⁸². Zarządzanie logistyczne w ramach ekologistyki przedsiębiorstwa może dawać takie korzyści, jak⁸³:

- redukcja kosztów – ponowne wykorzystanie materiałów i gospodarka opakowaniami zwrótnymi może zapewnić przychody, które stymulują nowe inicjatywy i wysiłki w rozwoju i usprawnianiu procesów logistyki zwrotnej,

⁷⁹ Z. Sypra, *Kanały dystrybucji, kształtowanie relacji*, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2008, s. 14.

⁸⁰ M. Włodarczyk, J. Janczewski, *Zarządzanie logistyką zwrótną w usługach motoryzacyjnych*, „Przedsiębiorczość – Edukacja”, 9/2013, s. 186.

⁸¹ Z. Korzeń, *Ekologistyka*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2001, s. 17.

⁸² A. Baraniecka, *Rozwój ekologicznych łańcuchów dostaw jako skutek kryzysów: ekonomicznego i środowiskowego*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 383/2015, s. 241-244.

⁸³ K. Lysenko-Ryba, *Logistyka zwrotna jako źródło korzyści konkurencyjnych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 249/2015, s. 197-198; A. Mesjasz-Lech, *Efektywność przedsięwzięć z zakresu gospodarki odpadami jako element oceny działań zmierzających do zrównoważonego rozwoju kraju*, „Ekonomia i Środowisko”, 3(46)/2013, s. 220-221.

- minimalizacja wpływu na środowisko – logistyka musi dążyć do minimalizacji szkodliwego wpływu na środowisko nie tylko pozostałości z produkcji czy konsumpcji,
- przewaga konkurencyjna – jednym ze sposobów uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku jest wprowadzenie liberalnej polityki zwrotów towarów wyróżniające przedsiębiorstwo na tle innych konkurencyjnych organizacji,
- dyferencjacja wizerunku – czyli budowanie wizerunku firmy jako organizacji wrażliwej społecznie, która jest zorientowana nie tylko na zyski, ale również na otoczenie lokalne, regionalne czy globalne.

Zdaniem autora niniejszej monografii w ramach zarządzania logistycznego ekologia i możliwości redukcji kosztów, jakie wynikają z jej prawidłowego prowadzenia, są na tym samym poziomie jak możliwości logistyki zaopatrzenia. W ramach wycofania wyrobu z eksploatacji poprzez zagospodarowanie materiału z rozbiórki, recykling, zapewnienie odpowiedniego składowania nienadających się do powtórnego wykorzystania odpadów powstających w procesie eksploatacji i złomowanie wyrobu, a także ponownego wykorzystania opakowań zwrotnych firma może uzyskać pokaźne środki finansowe, które może zainwestować w dalszy rozwój.

Istota i cele zarządzania logistycznego sprowadzają się zatem do zarówno redukcji kosztów tam, gdzie jest to możliwe, jak i prowadzenia efektywnego procesu logistycznego w zgodzie ze strategią przedsiębiorstwa. W kosztach całkowitych przedsiębiorstwa ważny jest nie tylko udział kosztów logistycznych, lecz przede wszystkim możliwość ich obniżenia. W literaturze podkreśla się konieczność podejścia holistycznego – całościowego, polegającego między innymi na szukaniu optymalnych rozwiązań z punktu widzenia korzyści całego systemu, a nie tylko poszczególnych jego części.

1.2.3. Zarządzanie jakością a zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie

Działania zmierzające do opracowania systemów gwarantujących realizację określonego poziomu jakości wyrobów i usług podejmowali zarówno starożytni Egipcjanie, Izraelici, Grecy, Rzymianie, jak i Chińczycy. Pierwsze zapisy dotyczące jakości można odnaleźć w *Kodeksie Hammurabiego* wydanym w 1750 roku przed Chrystusem, w którym nakazywano ukarać śmiercią murarza w sytuacji, gdyby zbudowany przez niego dom zawalił się i zabił mieszkańców⁸⁴. Problemem jakości interesowano się zatem od dawna. Także obecnie rozważa go wielu filozofów, teoretyków czy praktyków. Można stwierdzić, że zarządzanie jakością ma ponadczasowy charakter. Genezy wielu dzisiejszych praktyk zarządzania jakością należy jednak poszukiwać w początkach teorii zarządzania (m.in.

⁸⁴ A. Mazur, H. Gołaś, *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010, s. 7.

w klasycznej szkole zarządzania Webera, Taylora, Fayola, naukach behawioralnych, podejściu systemowym, teoriach Deminga, Jurana, Ishikawy, a także koncepcji TQM)⁸⁵.

Pojęcie jakości to zagadnienie wielokrotnie rozważane w rozprawach naukowych, analizowane na wielu płaszczyznach, chociażby filozoficznej lub techniczno-ekonomicznej. Pewne jest, że z jakością mamy do czynienia wszyscy i na co dzień. Dotyczyć może ona na przykład użytkowanych wyrobów, oferowanych usług, poziomu umiejętności ucznia, kwalifikacji nauczyciela, poziomu artystycznego dzieła sztuki czy poziomu aktorstwa w obejrzanym filmie⁸⁶.

E. Deming podaje definicję jakości, ujmując ją następująco: „przewidywany, stopień jednorodności i niezawodności przy możliwych niskich kosztach i dopasowaniu do wymagań rynku”. P. Crosby uważa, że jest to „zgodność z wymaganiami (ang. *conformance to requirements*), spełnienie wymogów klienta”. J. Juran definiuje jakość jako „stopień, w jakim określony wyrób zaspokaja potrzeby określonego nabywcy (jakość rynkowa); stopień, w jakim klasa wyrobu ma zdolność do zapewniania satysfakcji konsumentom; stopień zgodności z modelem, wzorcem lub odpowiednio ujętymi wymogami (jakość zgodności); stopień, w jakim określony wyrób znajduje u konsumenta pierwszeństwo przed innym wyrobem (jakość preferencji); cecha lub zespół cech (istotny dla danego wyrobu), dających się wyodrębnić, sposób wykonania, wygląd, zapach (charakterystyka jakości)”. A.V. Feigenbaum przez jakość rozumie zaś „zbiorną charakterystykę produktu i serwisu z uwzględnieniem marketingu, projektu, wykonania i utrzymania, która powoduje, że dany produkt i serwis spełniają oczekiwania użytkownika”⁸⁷.

Aktualne ujęcie jakości, z którego często korzystają zarówno teoretycy, jak i praktycy zarządzania, w związku z wdrażaniem standardów na podstawie normy ISO, jest zawarte w zapisach samej normy, która również ewoluowała. Zasady organizacyjne przedsiębiorstwa, mające zapewnić odpowiednią jakość produktu czy usługi, zostały sformułowane w międzynarodowej normie ISO serii 9000. Obecnie system ISO 9000 jest stosowany powszechnie jako standard w zarządzaniu jakością w przedsiębiorstwie, służący temu, by jakość była możliwie najwyższa, każdy z pracowników czuł się za nią odpowiedzialny, a klient był usatysfakcjonowany. Zgodnie z zapisami normy jakość to „stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości (wyboru, systemu lub procesu) spełnia wymagania klientów i innych zainteresowanych”⁸⁸. Definicja jakości zawarta w normie ISO 9000 może wydawać się nieco enigmatyczna, lecz ma wiele zalet. Bardzo sprawnie łączy bowiem wszelkie właściwości wyrobu (produkt, usługa)

⁸⁵ B. Detyna, *Zarządzanie jakością w logistyce. Koncepcje, metody i narzędzia wspomagające. Ujęcie praktyczne*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Wałbrzych 2015, s. 45-46.

⁸⁶ A.E. Gudanowska, *Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Economy and Management”, 4/2010, s. 162.

⁸⁷ B. Detyna, *op. cit.*, s. 58.

⁸⁸ *Ibidem*, s. 58.

z perspektywy ich autonomiczności uzyskiwanej w procesie mającym docelowo odnieść zamierzony skutek w postaci poziomu natężenia spełnienia wymagań.

Jakość z punktu widzenia klienta jest zatem wszystkim, co przez to pojęcie rozumie klient – to „suma wszystkich czynników, które przynoszą zadowolenie z posiadania (działania, użytkowania) produktu lub usługi, sprawiając, że klienci chętnie ponownie ją nabywają”. Jakość jest zespołem cech produktu i usługi decydujących o ich zdolności do zaspakajania stwierdzonych lub potencjalnych potrzeb. Rozwijając tę myśl, uzasadnione jest, zdaniem autora, przytoczenie jeszcze jednej definicji jakości. Według K. Sato można wyróżnić trzy rodzaje jakości: wymaganą, docelową i dostosowaną. Jakość wymagana to taka, której klienci oczekują na rynku; docelowa, zwana również jakością konstrukcji, to taka, którą pragnie wytwarzać kadra zarządzająca każdego przedsiębiorstwa; jakość dostosowana natomiast oznacza jakość wykonaną obecnie przez świadczeniodawcę, odpowiadająca potrzebom klienta⁸⁹.

Współczesna nauka ma trudności z ustandaryzowaniem pojęcia „jakość”. Wynikają one w dużej mierze z jej abstrakcyjności, bo „nie istnieje sama w sobie i dlatego można ją rozważać jedynie w powiązaniu z celem, jakiemu ma służyć”⁹⁰.

Analizując zagadnienia jakości z perspektywy nauk o zarządzaniu, należy odpowiedzieć na pytanie: „Czym jest zarządzanie organizacją?”. Spośród licznych definicji można przytoczyć ujęcie, według którego jest to działanie polegające na dysponowaniu zasobami przez oddziaływanie na ludzi, jak też kierowanie pracą zespołów ludzkich i alokacją zasobów, służące osiągnięciu określonych celów gospodarczych w sposób najbardziej efektywny⁹¹. Rozumienie zarządzania i „większość wykorzystywanych współcześnie praktyk, sposobów tworzenia struktur organizacyjnych, budowania procedur i strategii, stylów zachowania kadry kierowniczej oraz innych przejawów kultury organizacyjnej ma swoje korzenie w początkach teorii zarządzania”. Analiza podejść do definiowania subdyscyplin w naukach o zarządzaniu stanowi podstawę do sformułowania spostrzeżenia, iż ze względu na silne zróżnicowanie prac badawczych próba zaproponowania jednowymiarowego kryterium różnicującego poszczególne subdyscypliny jest skazana na niepowodzenie. Przyjęte przez Zespół Komitetu Nauk Organizacji i Zarządzania PAN wielokryterialne podejście pozwoliło na stworzenie katalogu subdyscyplin w ramach nauki o zarządzaniu, w którym ujęto zarządzanie jakością. Analiza obszarów wiedzy budujących dyscyplinę nauk o zarządzaniu według wielopłaszczyznowego schematu ma również walory kreatywne, właściwe dla analizy morfologicznej. Można w ten sposób twórczo tworzyć nowe przekroje analityczne, zastanawiać się nad nowymi perspektywami, a przede wszystkim można holistycznie objąć prawie cały kontekst zarządzania.

⁸⁹ K. Sato, *Osiem podstawowych zasad japońskiego stylu zarządzania*, „Problemy Jakości”, 7/1998, s. 29.

⁹⁰ A. Bielawa, *Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego”, 21/2011, s. 144-152.

⁹¹ D. Kosiorek, *Jakość w teorii i praktyce zarządzania organizacjami*, „Zarządzanie i Finanse”, 1(1)/2013, s. 349.

Ma to również ogromny atut praktyczny⁹². Zidentyfikowanie, zrozumienie i zarządzanie wzajemnie powiązаныmi procesami jako systemem przyczynia się do zwiększenia skuteczności i efektywności organizacji w osiąganiu celów⁹³. Zauważyć można więc, że ujęcie systemowe stwarza sprzyjające okoliczności dla rozwoju koncepcji zarządzania jakością.

Ocena jakości usług jest związana z determinantami jakości, a więc istotnymi właściwościami, jakimi się cechuje lub cechować się powinna usługa. W kontekście procesów logistycznych podstawowym źródłem determinant jakości jest wcześniej wspomniana koncepcja 7R (zwana także 7W)⁹⁴:

- Właściwy produkt – rozumiemy przez to dostarczenie tego, co klient zamówił, dotyczy to zarówno fizycznego produktu, jak i samej usługi. To także dobranie odpowiedniego środka transportu dla konkretnego towaru, który ma zostać dostarczony. Należy zadbać, by podczas załadunku towaru nie doszło do pomyłki, co zaburza ciąg kolejnych zadań i naraża na straty zarówno przedsiębiorcę, jak i klienta.
- Właściwa ilość – klient zamawia konkretną ilość towaru i taką musi otrzymać. Podobnie jest w przypadku usługi – musi ona zostać przygotowana w taki sposób, by klient był zadowolony z jej dostępności i realizacji.
- Właściwa jakość – zagwarantowanie, by produkty lub usługi spełniały wymagania klienta – chodzi tu o zabezpieczenia gwarantujące dotarcie do klienta towaru w nie naruszonym stanie. Podobnie jest z usługami, choć ich jakość częściowo jest uzależniona od warunku cenowego: przez właściwą jakość usługi rozumiemy dążenie do tego, by oferowana klientowi cena realnie odzwierciedlała jakość zamówionej przez niego usługi.
- Właściwe miejsce – dostarczenie produktu lub usługi do miejsca wskazanego przez klienta. Należy zwracać baczną uwagę na miejsce dostarczenia towaru lub usługi: nie można wysyłać produktów/kierować usług w rutynowe destynacje.
- Właściwy czas – terminowość jest bardzo ważnym aspektem logistyki, to bowiem właśnie czas determinuje efektywną i właściwą pracę logistyki. Logistyka to czas i zaufanie klienta. W odniesieniu do czasu mamy do czynienia z synchronizacją procesów logistycznych, rozumianą bardzo ogólnie – jako zgodność czasowa zadań realizowanych na poszczególnych etapach przebiegu bardziej złożonych procesów⁹⁵.

⁹² S. Cyfert, W. Dyduch, D. Latusek-Jurczak, J. Niemczyk, A. Sopińska, *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu – logika wyodrębnienia, identyfikacja modelu koncepcyjnego oraz zawartość tematyczna*, „Organizacja i Kierowanie”, 1(161)/2014, s. 39-47.

⁹³ K. Szczepańska, *Zarządzanie jakością. W dążeniu do doskonałości*, C.H. Beck, Warszawa 2011, s. 40.

⁹⁴ D. Kempny, *Obsługa logistyczna*, AE, Katowice 2008, s. 11.

⁹⁵ M. Zaczek, *Synchronizacja procesów logistycznych w kontekście niezawodności i odporności systemu dystrybucji wyrobów hutniczych*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 89/2016, s. 579.

- Właściwy odbiorca – produkt lub usługa musi trafić do odpowiedniego, będącego stroną kontraktu klienta. Logistyka stanowi ciąg połączonych naczyń, dlatego jeśli jeden z elementów zawodzi, pozostałe też przestają dobrze funkcjonować.
- Właściwa cena – produkt bądź usługa powinny być dostarczone klientowi w cenie, jaką wcześniej z nim ustalono z klientem. Właściwa cena wynika również z kontraktowości w ramach logistyki.

Działania logistyczne są doskonałą przestrzenią do zarządzania jakością. Te dwa obszary łączy wiele cech wspólnych, wśród których należy wskazać⁹⁶:

- silną orientację na klienta — zarówno zarządzanie logistyczne, jak i zarządzanie jakością w centrum uwagi stawiają klienta i jego wymagania,
- orientację procesową — nastawienie na identyfikację, zarządzanie, analizy i optymalizację poziomo przebiegających procesów, pozioma współpraca i unikanie suboptymalizacji,
- oddziaływanie na produkt i na sposób jego dostarczania,
- kreowanie dobrych stosunków z dostawcami.

Kluczowym zadaniem zarządzania logistycznego i zarządzania jakością jest takie funkcjonowanie organizacji, aby była ona w pełni ukierunkowana na potrzeby odbiorcy (klienta) (rysunek 1.4). Efektywna obsługa klienta jest przykładem aktywności, która łączy działania logistyczne i projakościowe⁹⁷. Utrzymane na wysokim poziomie jakościowym procesy logistyczne świadczą o bardzo dobrze zorganizowanym procesie zarządzania logistycznego, czyli o jego niezawodności⁹⁸. Niezawodność potwierdzoną jakością logistyki autor niniejszej monografii interpretuje jako zapewnienie terminowego i niezakłóconego procesu dostawy poszczególnych produktów czy usług.

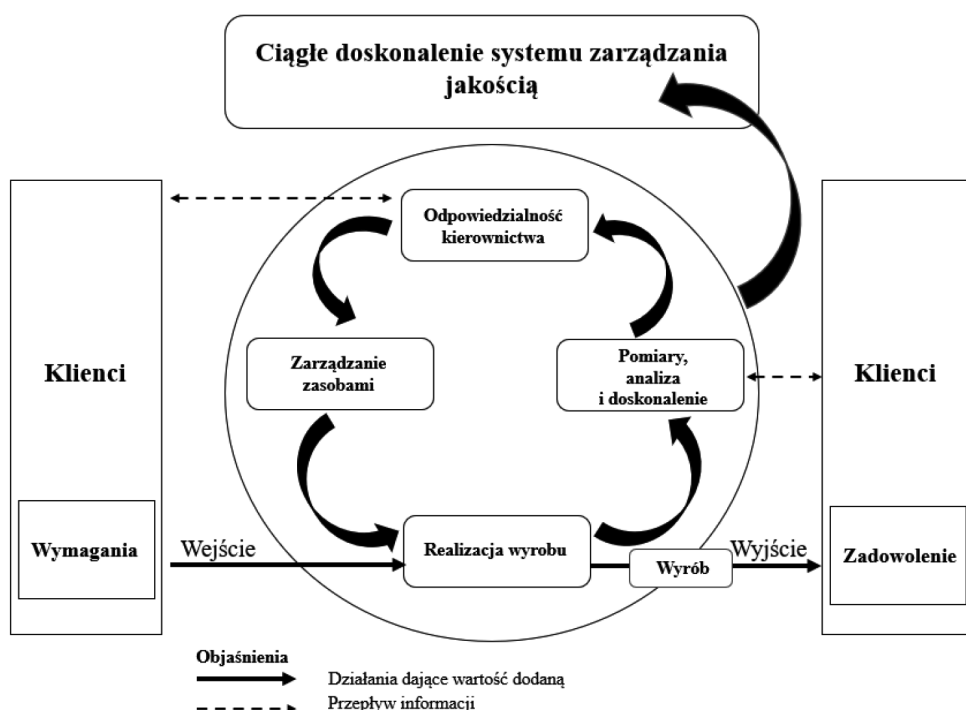
Jakość (obok ceny) jest drugim, podstawowym instrumentem kształtującym strukturę podaży na rynku. Jest więc kluczowym czynnikiem, który pozwala poprawić konkurencyjność produktów za pośrednictwem ciągłego doskonalenia jej poziomu. W logistyce jakość jest integralnym składnikiem procesu tworzenia produktu logistycznego, który warunkuje zaspokajanie oczekiwań i potrzeb klientów. Jakość usług logistycznych, tak samo jak jakość produktów, jest połączeniem jakości typu i jakości wykonania. W przypadku jakości typu odnosi się ona do jej różnych form, a zarazem wyraża standard bazy i urządzeń, na podstawie których świadczone są usługi⁹⁹. Jedną z najważniejszych determinant sprawnego funkcjonowania łańcucha dostaw jest zachowanie odpowiednich standardów jakościowych. Zarządzanie logistyczne oraz projektowanie łańcucha dostaw

⁹⁶ J. Długosz, *Logistyka a koncepcje zarządzania jakością*, [w:] M. Ciesielski (red.), *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*, AE, Poznań 2003, s. 70-74.

⁹⁷ D. Zimon, *Znaczenie jakości w zrównoważonej logistyce*, „Logistyka”, 2/2012, s. 22-24.

⁹⁸ W. Kramarz, M. Zaczek, *Niezawodność systemu logistycznego w kontekście wzrostu sieciowości łańcucha dostaw*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 217/2015, s. 32-35.

⁹⁹ J. Frąś, *Wybrane instrumenty pomiaru jakości usług logistycznych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 66/2014, s. 298.



Rys. 1.4. Schemat powiązania jakości z logistyką według normy PN-EN ISO 9001:2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie PN-EN ISO 9001:2009 System zarządzania jakością. Wymagania.

musi od samego początku uwzględniać problematykę jakości. Powiązanie koncepcji logistycznych z rozwiązaniami wypracowanymi w obszarze zarządzania jakością doskonale się sprawdza i skutkuje wzrostem efektywności funkcjonowania organizacji. Zastosowanie koncepcji zarządzania jakością w logistyce wspomaga precyzyjne zdefiniowanie parametrów jakościowych i technologicznych produktów oraz procesów z uwzględnieniem wymagań klienta¹⁰⁰.

Kształtowanie i ochrona jakości w zarządzaniu logistycznym powinny opierać się na skracaniu czasu realizacji zamówienia przy równoczesnym wzroście znaczenia jakości w całym łańcuchu dostaw. Jakość stanowi bowiem jeden z istotnych elementów dla klienta. Ważne, by kształtowaniu jakości towarzyszył tzw. efekt synergiczny powstający ze skracania czasu przy równoczesnym podwyższaniu jakości. Ciągłe badania i zaangażowanie w niekończący się proces usprawnień to wymóg zwiększenia nacisku na jakość, co znajduje odzwierciedlenie w koncepcji ciągłego doskonalenia, zgodnie z którą małe, na-

¹⁰⁰ D. Zimon, *Logistyka a koncepcje i systemy zarządzania jakością*, „Logistyka”, 5/2013, s. 221-224.

warstwiające się ulepszenia mogą się z czasem złożyć na znacznie większą wydajność¹⁰¹. W związku z przeplataniem się działań kształtujących jakość z czynnościami logistycznymi wdrażanie i realizacja koncepcji zarządzania jakością i logistyki wymaga spójnej koncepcji zarządzania jakościowo-logistycznego, co nie tylko zapobiega sztucznemu dzieleniu jednego procesu, możliwym antagonizmom, problemom z koordynacją, ale i pozwala na wyzwalanie celów synergicznych¹⁰².

Zdaniem autora elastyczność logistyczna i elastyczność relacji mają znaczący pozytywny wpływ na poziom jakości usług logistycznych oferowanych przez producenta, co z kolei zwiększa wartość, jaką on ceni, i jest miarą zadowolenia z relacji z klientami. Doskonalenie jakości jest czymś więcej niż wyłącznie zbieraniem danych z procesów i od klienta. Zarówno producent, jak i dostawca, aby osiągnąć jak największe obroty, muszą dbać o to, by ich produkty były jak najlepszej jakości. Kupujący chce, by otrzymany towar charakteryzował się jakością odpowiadającą jego wymaganiom, miał korzystną cenę i był dostarczony w określonym czasie.

Logistyczna obsługa klienta postrzegana jest jako zdolność do zaspokajania wymagań oraz oczekiwań klientów głównie co do miejsca i czasu zamawianych dostaw przy wykorzystaniu wszystkich dostępnych form aktywności logistycznej, w tym transportu, magazynowania, zarządzania zapasami, informacją oraz opakowaniami. Stanowi ona jeden z najważniejszych elementów strategii firmy¹⁰³.

Procesy zarządzania jakością i logistyką w przedsiębiorstwie powinny być ze sobą ściśle powiązane. Obszar zarządzania jakością i procesy logistyczne muszą się wzajemnie przenikać, współistnieć. Systemy zarządzania jakością odgrywają istotną rolę w budowaniu dobrych relacji między kontrahentami, a także w minimalizowaniu ryzyka w zarządzaniu logistycznym, co znajduje odzwierciedlenie w treści wymagań normy. Prowadzi to do wniosku, iż system zarządzania jakością powinien stać się narzędziem powszechnie stosowanym w przedsiębiorstwach. Zarządzanie jakością jest integralną częścią każdego systemu logistycznego. Autor niniejszej monografii stoi na stanowisku, iż dzięki sprawnemu systemowi zarządzania jakością można opisać wydajność systemu logistycznego, ocenić mocne i słabe strony oraz zapewnić jego rozliczalność.

Systemy jakości nie tylko polepszają ogólną rentowność, znacznie umacniają pozycję na rynku i zwiększają zaufanie klientów. Oddziałują również na podniesienie prestiżu na rynku lokalnym i krajowym, zapewnienie systemowego zarządzania zasobami, wiedzą oraz obsługą klienta, uruchomienie procesu ciągłego doskonalenia działalności i zapewnienie sprawnego przepływu informacji o zadaniach i ich re-

¹⁰¹ M. Kubański, L. Bylinko, D. Owsiak, *Jakość w logistyce – krótka charakterystyka*, „Logistyka”, 5/2012, s. 111-113.

¹⁰² A. Jezierski, *Multiperspektywistyczne definiowanie jakości procesów logistycznych w dobie konsumpcyjnej*, „LogForum”, 1(2), 6/2005, s. 1-4.

¹⁰³ P. Smolnik, *Jakość logistycznej obsługi klienta na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa*, „Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 17(6)/2016, s. 1546-1548.

alizacji¹⁰⁴. Kolejne ich funkcje stanowią: większe zaufanie klientów do firmy – atut w działaniach marketingowych, wzrost konkurencyjności, usprawnienie funkcjonowania organizacji i zarządzania, lepsze poznanie potrzeb klienta, ułatwienie wejścia na nowe rynki, skrócenie czasu wytwarzania wyrobu/usługi, oszczędności nakładów materiałowych, stworzenie przejrzystych zasad odpowiedzialności i premiowania pracowników, zmiana nastawienia pracowników na zgodne z kierunkiem rozwoju przedsiębiorstwa, aktywne, skuteczne i szybkie identyfikowanie i rozwiązywanie problemów, unikanie błędów zamiast ich poprawiania, zadowolenie klientów, partnerów i współpracowników, zmiana podejścia do jakości w przedsiębiorstwie, wypracowanie struktury odpowiedzialności za wyrób, możliwość przystąpienia do przetargów ofert na dostawy wyrobów, gdy posiadanie certyfikatu jest warunkiem koniecznym złożenia oferty, poprawa planowania, poprawa dyscypliny budżetowej, gwarancja stałego, wysokiego poziomu jakości produktów i oferowanych usług, wzrost świadomości pracowników dotyczącej celów i dążeń firmy, pobudzenie i utrzymywanie potrzeby stałego doskonalenia się, przejrzystość procesów, koncentracja na aspektach istotnych dla bezpieczeństwa i jakości wyrobu, poprawa terminowości usług oraz obniżenie kosztów z tytułu reklamacji i odpowiedzialności za produkt.

Przedsiębiorstwa wykorzystują jakość jako jeden z atutów w walce konkurencyjnej. Poprawa jakości produktów ma dwójaki wpływ na sytuację firmy – decyduje o zwiększeniu konkurencyjności wyrobów i pozwala na zmniejszenie kosztów ponoszonych przez firmę. Poprawa struktury kosztów prowadzi do polepszenia rentowności i zdolności konkurencyjnej firmy. Jakość jest silnie powiązana z wydajnością poprzez zmniejszenie liczby usterek, a tym samym obniżenie liczby zwrotów od klientów, co determinuje zmniejszenie zasobów ludzkich i materiałowych niezbędnych do ich usuwania. Ponadto powierzenie pracownikom odpowiedzialności za jakość zmniejsza zapotrzebowanie na kontrolerów jakości¹⁰⁵.

1.3. Rola zarządzania informacjami w logistyce

Efektywne i wydajne wykorzystywanie informacji może być bardzo pomocne w zarządzaniu logistycznym oraz zarządzaniu łańcuchem dostaw. Do czterech najważniejszych korzyści takiego zarządzania należą:

- większa wiedza oraz transparentność łańcucha dostaw, pozwalające uniknąć nadmiernych zapasów dzięki posiadanym informacjom (zastąpić zapasy informacją o nich),

¹⁰⁴ S. Wawak, *Zarządzanie jakością, podstawy, systemy i narzędzia*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2011, s. 43-49.

¹⁰⁵ J. Ejdyś, U. Kobylińska, A. Lulewicz-Sas, *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012, s. 29.

- większa świadomość potrzeb klienta ostatecznego dzięki danym z detalicznych punktów sprzedaży (POS – *Point-of-Sale*), co pozwala usprawnić planowanie i zmniejszyć niestabilność łańcucha dostaw,
- lepsza koordynacja produkcji, marketingu oraz dystrybucji dzięki narzędziom systemu planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP),
- przyspieszone przetwarzanie zamówień i skrócony czas ich realizacji dzięki możliwości wykorzystania systemów informacji logistycznej¹⁰⁶.

W każdej organizacji informacja odgrywa ważną rolę podczas podejmowania działań i realizacji bieżących zadań. Również działalność logistyczna wymaga aktualnych oraz wiarygodnych danych. Zakres i znaczenie logistyki zmieniały się stosownie do potrzeb i okoliczności, w jakich funkcjonowały i rozwijały się organizacje. Logistyka wspomaga wdrażanie misji organizacji i osiąganie jej celów¹⁰⁷.

Domeną logistyki jest zarządzanie przepływem materiałów i informacji w przedsiębiorstwie i między podmiotami gospodarującymi w celu zapewnienia pożądaney przez klientów obsługi po jak najmniejszych kosztach. Systemy logistyczne współczesnych przedsiębiorstw charakteryzują się dużą złożonością zachodzących w nich procesów przepływu zasobów materialnych, finansowych i informacyjnych. System logistyczny powinien być jednocześnie elastyczny i otwarty, charakteryzować się wysokim poziomem spójności i dążeniem do wyższego stopnia zorganizowania. Informacja umożliwia racjonalizację przepływu pozostałych strumieni (materiałów, kapitału, energii i ludzi), koordynację wewnątrz systemu logistycznego i jego harmonijne powiązanie z otoczeniem. Na system informacyjny składają się organizacja i sposób posługiwania się informacją, obejmujący wytwarzanie informacji, jej zapisywanie, odczytywanie, przechowywanie, przetwarzanie i przesyłanie, a także zbiór technik i technologii wykorzystywanych w jego organizacji i wspierający jego funkcjonowanie. Podstawowe elementy systemu informacyjnego to: sprzęt (*hardware*), oprogramowanie (*software*), bazy danych, telekomunikacja, ludzie i organizacja (wynikająca ze strategii firmy)¹⁰⁸. Właściwy system informacji stanowi warunek uzyskania wysokiej sprawności i efektywności procesów logistycznych.

O przydatności informacji decydują takie jej cechy, jak: aktualność, relewantność, kompletność, przyswajalność i wiarygodność¹⁰⁹:

¹⁰⁶ S.M. Rutner, B.J. Gibson, K.L. Vitasek, C.G. Gustin, *Is technology filling the information gap?* „Supply Chain Management Review”, 2001, s. 58-63.

¹⁰⁷ C. Szydłowski, *Bezpieczeństwo informacji w logistyce*, „Acta Scientifica Academiae Ostroviensis. Sectio A, Nauki Humanistyczne, Społeczne i Techniczne”, 5(1)/2011, s. 21-40.

¹⁰⁸ P. Zając, *Systemy informatyczne i telematyczne w logistyce*, [w:] S. Krawczyk, *Logistyka. Teoria i praktyka. Tom 2*, Difin, Warszawa 2011, s. 16.

¹⁰⁹ L. Bukowski, *Problemy przetwarzania informacji logistycznych w zintegrowanych systemach produkcyjnych*, [w:] *Wybrane zagadnienia logistyki stosowanej. Materiały VII Konferencji Logistyki Stosowanej – Total Logistic Management*, Oficyna Wydawnicza TEST, Kraków 2004, s. 223.

- wiarygodność – musi występować określony stopień wiarygodności, że informacja jest prawdziwa,
- relewantność – informacja musi być pełna w odniesieniu do potrzeb użytkownika,
- przyswajalność – informacja nie powinna wymagać dodatkowych przekształceń jej postaci,
- dostępność – informacja musi być jasna i jednoznaczna przy zachowaniu odpowiedniego czasu odpowiedzi,
- poufność dostępu – dostęp do informacji musi być poufny, co uzyskuje się przez jej odpowiednie kodowanie, tworzenie grupy dostępu dla wąskiego grona użytkowników, autoryzację dostępu,
- bezpieczeństwo – w razie wystąpienia awarii musi być możliwość odtworzenia nierzalczalnych elementów systemu.

Dostępność informacji spełniających wyszczególnione warunki uzyskuje się dzięki systemowi informacji logistycznej. Systemy informacji logistycznej to struktury złożone z wzajemnie powiązanych: ludzi, sprzętu, oprogramowania i procedur, zastosowane w celu dostarczenia odpowiednich informacji w zakresie logistyki, wykorzystywanych do planowania, sterowania, kontroli i mierzenia wyników działalności logistycznej. System informacji logistycznej może obejmować pojedyncze firmy, a także ich grupy uczestniczące w łańcuchach dostaw.

W teorii informacji występuje w zasadzie zgodność co do tego, że informacja jest pojęciem pierwotnym, a więc niedefiniowalnym w sensie normatywnym. Zarówno w ilościowej, jak i jakościowej teorii informacji podejmowane są próby sformułowania opisowej definicji tego pojęcia¹¹⁰. Analiza literatury przedmiotu pozwala na znalezienie wielu jego ujęć. Za najprostszy, ale jednocześnie najbardziej pragmatyczny, uznaje się opis autorstwa W. Falkiewicza, według którego: „informacja jest czynnikiem, który zwiększa naszą wiedzę o otaczającej nas rzeczywistości”¹¹¹.

Procesy zbierania, gromadzenia, przetwarzania i udostępniania informacji realizowane przez systemy informatyczne pozwalają przedsiębiorstwom osiągnąć założone cele oraz dostosować całą organizację do dynamicznie zmieniających się warunków otoczenia. Zdaniem autora przeobrażenia zachodzące w aktualnej rzeczywistości wywołują radykalną zmianę w ocenie wartości informacji w przedsiębiorstwach. Informacja, zwłaszcza w dużych firmach o zasięgu globalnym, nie podlega organizacji ani kontroli. O ile sama użyteczność informacji nie jest kwestionowana, o tyle w dobie konsumpcjonizmu pojawiają się duże rozbieżności co do oceny jej wartości oraz faktycznego wpływu na powodzenie prowadzonego przedsięwzięcia gospodarczego. Efektywnie modelowany system przepływu, gromadzenia i udostępniania informacji staje się kapitałem i towarem, a więc podstawowym środkiem służącym podnoszeniu konkurencyjności

¹¹⁰ J. Unłód, *System informacyjny a jakościowe ujęcie informacji*, Systemy Wspomagania Organizacji 2004, s. 164-165.

¹¹¹ W. Falkiewicz, *Podejmowanie decyzji kierowniczych*, PWE, Warszawa 1971, s. 37.

przedsiębiorstwa na zatłoczonym i szybko rozwijającym się rynku. Rozwój globalnego społeczeństwa informacyjnego sprawia, że informacja jest traktowana jako dobro ekonomiczne, podstawowy zasób i prymarna kategoria ekonomiczna.

Informacja nieczytelna lub trudno dostępna znaczy niewiele, jednak jej wartość lawinowo wzrasta wraz z uporządkowaniem i łatwym dostępem do odpowiednich danych tak dla pracowników, jak i partnerów firmy. Wymagania wobec przedsiębiorców są coraz większe, a klienci dążą do uzyskania kompleksowej usługi o najwyższej jakości. To powoduje, iż wiedza, jaką musi dysponować przedsiębiorstwo na temat na przykład łańcuchów logistycznych klientów, jest coraz szersza i bardziej skomplikowana, tym samym rośnie znaczenie technologii informatycznych zarządzających informacją.

Zadaniem systemu informatycznego dedykowanego na potrzeby zarządzania logistycznego jest zapewnienie koordynacji działań ogniw łańcucha i zgromadzonej wokół nich informacji, aby w pełni osiągnąć postawione cele logistyczne¹¹². Można zatem stwierdzić, iż z punktu widzenia zarządzania logistycznego przepływy informacyjne spełniają wiele funkcji. Do głównych, zdaniem autora, należą: wspomaganie przepływów logistycznych, wspieranie tworzenia efektywnych łańcuchów dostaw, efektywne zarządzanie zapasami, sprawne sterowanie procesami transportu, magazynowania i wytwarzania.

Jak słusznie stwierdza A. Nowakowska, „dbałość o gromadzenie i wytwarzanie informacji o najwyższej wartości powinna być dążeniem wszystkich przedsiębiorstw tworzących łańcuch dostaw, ponieważ jakość poszczególnych informacji świadczy o jakości całego strumienia informacyjnego. Natomiast strumień informacyjny łączy elementy poszczególnych podsystemów organizacji gospodarczej z systemem zarządzania oraz ze zbiorem algorytmów przetwarzania danych i stanowi system informacyjny, czyli fundament działalności przedsiębiorstwa. System informacyjny stanowi wielopoziomową strukturę lub element łańcucha decyzyjnego funkcjonujący w systemie zarządzania, umożliwiający poprzez odpowiednie procedury i modele przetwarzanie konkretnych informacji wejściowych na pożądane informacje wyjściowe”¹¹³. Decyzje logistyczne, które są ściśle powiązane z innymi działaniami w sferze zarządzania, wymagają informacji pozyskiwanych, gromadzonych i przetwarzanych w ramach całego systemu logistycznego przedsiębiorstwa.

Przez wspomniane wcześniej systemy informacji logistycznej należy rozumieć struktury złożone ze wzajemnie powiązanych: ludzi, sprzętu, oprogramowania i procedur, wykorzystywane w celu dostarczenia odpowiednich informacji w zakresie logistyki wykorzystywanych do planowania, sterowania, kontroli i mierzenia wyników działalności logistycznej. System informacji logistycznej może obejmować pojedyncze firmy i ich

¹¹² M.K. Gąsowska, *System informacji jako narzędzie wspomagające zarządzanie logistyką w przedsiębiorstwie i łańcuch dostaw*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 68/2014, s. 290-293.

¹¹³ A. Nowakowska, *Rola narzędzi zarządzania przepływem informacji w logistyce i tworzeniu wartości przedsiębiorstwa*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 46/2011, s. 133-134.

grupy uczestniczące w łańcuchach dostaw. Kluczowym zagadnieniem logistyki staje się więc szybki, niezawodny i możliwie tani przepływ informacji wewnątrz firmy i między partnerami łańcucha logistycznego, coraz częściej o charakterze międzynarodowym.

Logistyczny system informacyjny tworzą strumienie informacyjne łączące elementy wykonawcze systemu logistycznego z systemem zarządzania oraz zbiór procedur przetwarzania informacji¹¹⁴. System ten daje możliwość integracji wielu procesów logistycznych i warunkuje synergię działań logistycznych. Ma on charakter strategiczny, gdyż jest projektowany i wdrażany pod kątem wspierania przyjętej strategii przedsiębiorstwa, służąc do realizacji jej celów. Logistyczny system informacji, ze względu na duży wpływ na wyniki przedsiębiorstwa i jego pozycję konkurencyjną, powinien zapewniać bezpieczeństwo informacji¹¹⁵.

Obecnie na rynku nie można funkcjonować bez odpowiedniej infrastruktury, zasobów, wiedzy oraz narzędzi, służących do wymiany informacji. Tymi narzędziami są wszelkiego typu mniej lub bardziej zaawansowane systemy logistyczne, spedycyjne lub magazynowe. Standardem w tego typu systemach, oprócz głównych funkcjonalności, jest szeroki zakres baz danych, raportów operujących na tych bazach oraz elementów pozwalających na automatyczną wymianę danych z klientami/odbiorcami¹¹⁶. Do poprawy ich pracy wykorzystuje się technologie komputerowe, co prowadzi do powstania systemów informatycznych. Systemy wspomagające logistykę to systemy ze sobą zintegrowane, a więc działające na wspólnej bazie danych. Raz wprowadzane dane są przetwarzane i udostępniane innym pracownikom. Realizacja wszystkich zleceń jest możliwa dzięki zastosowaniu odpowiednich algorytmów¹¹⁷.

Jest wiele systemów informacyjnych wspierających pracę logistyki, autor niniejszej monografii wybrał i omówił tylko te, które w jego opinii odgrywają bardzo ważną rolę w kontekście zarządzania logistycznego.

System WMS (*Warehouse Management System*) to oprogramowanie zarządzające magazynem – narzędzie informatyczne używane do kontroli, koordynacji i optymalizacji działań, procesów i operacji wykonywanych w magazynie. WMS jest kompleksowym rozwiązaniem (oprogramowanie, urządzenia, usługi i serwis) pozwalającym na zarządzanie ruchem produktów w magazynie oraz optymalizującym wykorzystywanie przestrzeni magazynów. Systemy informatyczne tej klasy są narzędziami specjalistycznymi stosowanymi do obsługi procesów magazynowych. W przedsiębiorstwach zachodnich

¹¹⁴ A. Sołtysik-Piorunkiewicz, *Projektowanie logistycznych systemów informatycznych*, „Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 128/2013, s. 115-125.

¹¹⁵ A. Szymonik, *Logistyczny system informacyjny przedsiębiorstwa*, [w:] A. Szymonik, *Logistyka produkcji. Procesy. Systemy. Organizacja*, Difin, Warszawa 2012, s. 161-167.

¹¹⁶ S. Kot, M. Starostka-Patyk, *Systemy informatyczne wspomagające współpracę w łańcuchach dostaw*, [w:] S. Kot, M. Starostka-Patyk, D. Krzywda, *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009, s. 63-68.

¹¹⁷ M. Grębowiec, *Systemy informacyjne i ich zastosowanie w logistyce produktów żywnościowych*, „Logistyka”, 4/2012, s. 947-949.

często występuje współpraca systemu klasy WMS, który jest zainstalowany w magazynie, z systemem nadrzędnym zarządzającym całym przedsiębiorstwem. Na ogół tym systemem jest system klasy ERP¹¹⁸.

Chociaż analiza przepływów i określenie lokalizacji stosowanej w magazynie wpływa na ustawienie oraz parametry oprogramowania zarządzającego, to jednak istnieją funkcje podstawowe, jak zarządzanie przyjęciami, lokalizacją, kontrolą stanu magazynowego i wydań, które muszą być koniecznie wykonywane przez dowolny WMS. Przedsiębiorcy stosują systemy zarządzania WMS, aby ułatwić operacje magazynowe za pośrednictwem systemów informatycznych w celu lepszego śledzenia i skutecznego zarządzania zapasami. Systemy zarządzania magazynem można sklasyfikować w różne grupy na podstawie wielu czynników, ale ogólnie są one podzielone na kategorie poziomu 1, poziomu 2 i poziomu 3. Ta kategoryzacja opiera się na wbudowanej funkcjonalności i elastyczności produktu WMS. System jest przeznaczony do ewidencji ilościowo- wartościowej. Umożliwia kompleksowe zarządzanie przestrzenią magazynową, z pełną identyfikacją asortymentu przypisanego do konkretnych miejsc lokalizacji. Użytkownik ma możliwość definiowania zagospodarowania przestrzeni magazynowej, w tym sektorów, rzędów, regałów i półek. System automatycznie podpowiada magazynierowi, do jakiej lokalizacji ma się udać, aby wydać określony towar, zgodnie z przyjętym systemem przepływu towarów, lub na jaką lokację ma złożyć palety¹¹⁹.

System do zarządzania magazynem nie tylko ułatwia w nim pracę, ale również wpływa na inne procesy wynikające z funkcjonowania przedsiębiorstwa, na przykład na inwentaryzację, dla której WMS jest bardzo dużym wsparciem. Mówimy tu nie tylko o skróceniu czasu realizacji samego spisu z natury, ale również o szybszym rozpoczęciu produkcji, która zgodnie z procedurami musi być zatrzymana na czas inwentaryzacji. Z reguły część firm organizuje inwentaryzację w dniach wolnych od produkcji, żeby nie tracić na produktywności, która jest dla przedsiębiorstwa szalenie ważna. Jednak nie wszystkie przedsiębiorstwa mogą sobie pozwolić na to rozwiązanie i muszą przeprowadzać inwentaryzację w ramach tygodnia pracy. Wcześniejsze zakończenie inwentaryzacji, dzięki efektywności zarządzania procesem magazynowania przez system WMS, daje możliwość skrócenia tak zwanych zamrożonych zmian produkcyjnych, a tym samym wpływa na zwiększenie produktywności firmy. Zdaniem autora firmy z branży logistycznej i łańcucha dostaw, chcąc wdrożyć systemy zarządzania magazynem (WMS), aby jednocześnie zmaksymalizować swój potencjał biznesowy i uzyskać przewagę konkurencyjną poprzez zapewnienie klientom płynnych usług logistycznych, powinny pamiętać, że wdrożenie WMS powinno być dostosowane do najnowszych osiągnięć technologicznych, by wspierać najnowsze technologie.

¹¹⁸ A. Duda, *Charakterystyka i ocena możliwości zastosowania systemów informatycznych klasy WMS*, „Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej”, 3(15)/2015, s. 5-17.

¹¹⁹ P. Pietrzak, *Specyfika i wdrożenie magazynowego systemu informatycznego (WMS) na gruncie polskich przedsiębiorstw*, „Logistyka”, 2/2012, s. 957.

System klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*) należy do grupy zintegrowanych systemów wspierających zarządzanie przedsiębiorstwem. Powstał on w wyniku rozwoju systemów wspomagających zarządzanie. W literaturze funkcjonuje wiele definicji systemu ERP. Jedną z nich, stworzoną przez APICS (American Production and Inventory Control Society), rozumiana jest jako schemat organizacji, standaryzowania i definiowania procesów biznesowych koniecznych do efektywnego sterowania i planowania organizacją, za pomocą którego przedsiębiorstwo może wykorzystywać swoją wiedzę do uzyskania przewagi konkurencyjnej. System ERP to zespół współpracujących modułów, opartych na scalonej bazie danych i wspierających wszystkie działy przedsiębiorstwa w zarządzaniu¹²⁰. Systemy ERP zaabsorbowały metodologię MRP II i dodały do niej nowe komponenty, związane z zarządzaniem płynnością, zarządzaniem wolnymi środkami czy analizą rentowności inwestycji finansowych – systemy w tym ujęciu niejako „wyprzedziły” metodologię¹²¹. Systemy klasy ERP pozwalają na dokładne planowanie i analizę procesów zachodzących wewnątrz przedsiębiorstwa. Ich kontrola nie obejmuje zdarzeń zewnętrznych, dotyczących na przykład klientów przedsiębiorstwa czy jego dostawców, na co remedium stanowi zastosowanie technologii internetowych umożliwiających włączenie podmiotów zewnętrznych do łańcucha informacyjnego. W ten sposób w miejsce oderwanych od siebie systemów ERP poszczególnych uczestników rynku tworzy się zintegrowany łańcuch wartości i dostaw. Główną częścią systemu jest baza danych, na której całkowicie opiera się jego działanie. Informacje są jednorazowo wprowadzane przez użytkowników do wspólnej bazy, następnie są przetwarzane i uaktualniane. Dzięki temu przepływ wiadomości w firmie jest bardzo sprawny¹²². Systemy ERP można podzielić na podstawie dwóch kryteriów. Ze względu na zastosowanie wyróżnia się systemy: zarządzania, sterowania, diagnostyczne, gromadzenia dokumentów i wspomagania procesów zarządzających. Ze względu na poziom specjalizacji wyróżnia się zaś: systemy specjalizowane, tj. projektowane na zamówienie, na przykład konkretnego przedsiębiorstwa, i uniwersalne – zawierające wszystkie podstawowe funkcje i moduły (finansowy, logistyczny, magazynowy itp.), które nadają się do wdrożenia w większości organizacji¹²³. Jądem całego systemu jest jedna centralna baza danych, z którą poszczególne aplikacje wymieniają dane i na której opiera się działanie całego systemu. Baza danych gromadzi i przechowuje dane pochodzące z różnych obszarów działalności przedsiębiorstwa. Źródłem danych bazy dla korzystających z niej są komórki organizacyjne w różnych pionach przedsiębiorstwa. W bazie danych ERP nowe dane wprowadzane są tylko raz

¹²⁰ D. Łatała, *Charakterystyka systemu klasy ERP*, „Organizacja i Zarządzanie, Autobusy”, 6/2018, s. 1221-1223.

¹²¹ P. Lech, *Zintegrowane systemu zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie*, Difin, Warszawa 2003, s. 12.

¹²² A. Szymonik, *Informatyka dla potrzeb logistyki (I)*, Difin, Warszawa 2015, s. 90-93.

¹²³ B. Galińska, J. Kopania, *Zastosowanie systemu ERP w przedsiębiorstwie logistycznym*, „Autobusy”, 6/2016, s. 1334.

w jednym miejscu, a ich wpisanie powoduje automatyczne uaktualnienie wszystkich powiązanych z nimi danych¹²⁴.

Systemy ERP i WMS stają się coraz bardziej elastyczne. Zadanie, które kilka lat temu było niemożliwe lub bardzo trudne, na przykład wdrożenie zaawansowanego systemu ERP w małej firmie, stało się obecnie powszechną praktyką. Na rozwój systemu WMS wielki wpływ wywarła rewolucja mobilna, dzięki której systemy stały się łatwiejsze w obsłudze – kolorowa aplikacja umożliwia pracę z ekranem dotykowym. Elektroniczna wymiana informacji w łańcuchu dostaw, aktualizacja danych mobilnych, integracja z automatyzacją transportu i magazynowania stały się standardami. Zarządzanie magazynem nie odbywa się w izolacji. WMS często obejmuje integrację ze sprzętem, takim jak skanery kodów kreskowych, drukarki, systemy etykietowania z zewnętrznymi firmami spedycyjnymi, lub integrację z wewnętrznym oprogramowaniem ERP.

Każda firma, która planuje wdrożyć system zarządzania informacjami, musi wziąć pod uwagę określony poziom ryzyka. Liczba analizowanych rodzajów ryzyka, zdaniem autora, powinna być ograniczona do obszarów, które rzutują w sposób istotny na wyniki wdrożenia. Najczęściej spotykane typy ryzyka, związane z wdrażaniem systemów zarządzania informacjami, to:

- Ryzyko związane z nieuruchomieniem systemu zarządzania informacjami, wynikające z różnych przyczyn zewnętrznych, realizujące się na przykład w sytuacji, gdy po stronie dostawcy systemu informatycznego wdrożenie zostało anulowane lub nie zostało zakończone w pełni sprawnym i zleconym wdrożeniem. Istotnym elementem tego obszaru ryzyka są wydatki poniesione przez firmę na wdrożenie systemu. Ich koszt powinien obejmować nie tylko początkowy koszt oferty, ale także wydatki na zaangażowanie pracowników firmy we wdrożenie lub zakup serwerów i innego sprzętu IT.
- Ryzyko przekroczenia budżetu. Jest to trudne do uniknięcia, najczęściej występujące ryzyko, niezależnie od klasy zintegrowanego systemu informatycznego. Jeśli projekt jest bardzo zaawansowany, to kierownictwo rzadko decyduje się nie przeznaczać dodatkowych zasobów na pełne wdrożenie systemu. Dlatego dostawcy systemów IT często nie doceniają kosztów wdrożenia w swojej ofercie lub pomijają ważne drogie elementy systemu, takie jak szkolenia przyszłych użytkowników lub administracja projektu, licząc na rozstrzygnięcie o dodatkowym finansowaniu dopiero po rozpoczęciu procesu wdrażania systemu IT.
- Ryzyko nieosiągnięcia przez firmę planowanych korzyści z wdrożenia systemu. Przy podejmowaniu decyzji o wdrożeniu systemu decydującym czynnikiem jest zakres wynikających z tego korzyści dla firmy, w związku z czym ten obszar ryzyka należy uznać za najważniejszy. Osiągnięcie planowanych celów biznesowych zależy od za-

¹²⁴ A. Dudziak, M. Stoma, L. Rydzak, *Narzędzia klasy ERP w strategii zarządzania systemem produkcyjnym*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 113/2017, s. 58.

awansowania funkcjonalnego i w pełni działającego systemu, co przejawia się niezdolnością do spełnienia wymagań biznesowych.

- Ryzyko opóźnienia we wdrożeniu systemu, odnoszące się do sytuacji, gdy system w pełni wdrożono, zakładane zyski biznesowe uzyskano, ale ze znacznym opóźnieniem, na przykład 3-6 miesięcy. Czynnikiem wpływającym na ten obszar ryzyka jest przede wszystkim jakość zarządzania projektami w firmie wdrażającej.

Procesy informatyzacji przedsiębiorstw implikują wiele dylematów o charakterze organizacyjno-technicznym. Wdrożenie systemu informatycznego do zarządzania informacjami w logistyce powoduje zmiany w stosowanej technologii, a także zmiany o charakterze kulturowym. Ocena użyteczności projektów w kontekście poprawy jakości zarządzania wywołuje wątpliwości, przede wszystkim o charakterze kulturowym. Jak wskazuje M. Kurpa¹²⁵, z którym w pełni zgadza się autor niniejszej monografii, procesy informatyzacji, szczególnie obejmujące działania w zakresie automatyzacji operacji i procedur, mogą prowadzić do uzasadnionych trudności dotyczących roli i miejsca człowieka w nowym, informatycznym modelu organizacyjnym. Praktyka zarządzania systemami informacji dowodzi występowania zjawiska strachu wśród pracowników przed utratą miejsc pracy, a także wskazuje na działania zarządu w zakresie restrukturyzacji, derekrutacji czy też outsourcingu.

¹²⁵ M. Kurpa, *Rola zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP w kształtowaniu kultury organizacyjnej. Pomiędzy kulturą konstruktywną a technopatologią*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance”, 14(3/1)/2016, s. 331-334.

Systemy wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości

2.1. Geneza wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości

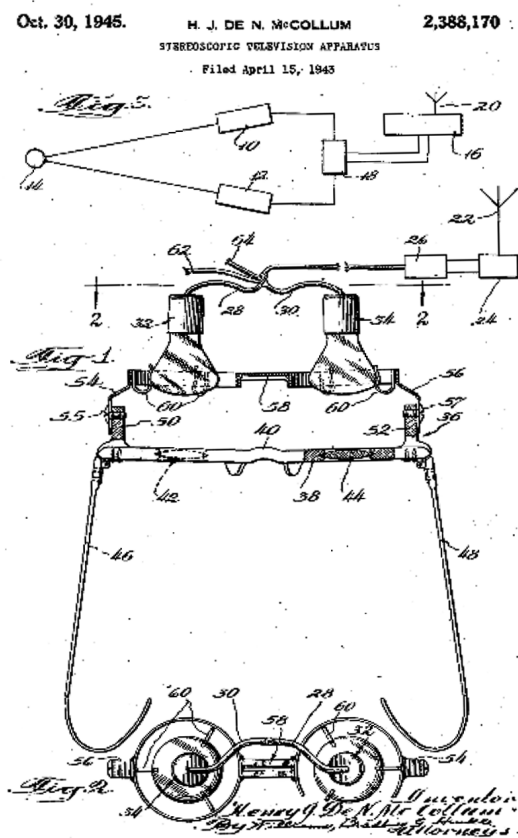
Rzeczywistość wirtualna (RW, ang. *Virtual Reality* – VR) i rozszerzona rzeczywistość (RR, ang. *Augmented Reality* – AR) to potężna technologia, która obiecuje zmienić życie ludzi w sposób, w jaki nie uczyniły tego do tej pory żadne inne rozwiązania. Jej działanie opiera się na zasadzie, że sztucznie stymulując zmysły ciała, oszukujemy je, aby zaakceptować inną wersję rzeczywistości. Pozwala ona nawet na spotkanie z ludźmi w innych, nowych światach, które mogą prawdziwe lub sztuczne. Jest to kolejny krok na drodze obejmującej wiele znanych mediów: od obrazów po filmy i gry wideo.

Przejście do świata grafiki komputerowej, zdaniem autora niniejszej monografii, nie stanowi już problemu nawet dla przeciętnego użytkownika. Ta fascynacja nową rzeczywistością często zaczyna się od gier komputerowych, a zetknięcie się z nią powoduje, że niejako „zarażając” młodych, ciekawych świata ludzi, trwa wiecznie. Pozwala zobaczyć otaczający świat w innym wymiarze i doświadczyć rzeczy, które nie są dostępne w prawdziwym życiu lub nawet jeszcze nie zostały stworzone. Co więcej, świat grafiki trójwymiarowej nie ma ani granic, ani ograniczeń i może być tworzony i zmieniany dowolnie. Dla ludzi, którzy ze swej natury zawsze chcą więcej, jest to za mało. Pragną oni bowiem wkroczyć w ten wirtualny świat i wchodzić z nim w interakcje, zamiast jedynie oglądać zdjęcie na monitorze. Opisywania w pracy technologia, niezwykle popularna i modna w trwającej dekadzie, nosi nazwę wirtualnej rzeczywistości.

Początki rozwoju wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości sięgają XIX wieku. Powstały wówczas pierwsze urządzenia stanowiące podwaliny rozwoju koncepcji urządzeń wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości. Statyczną wersję dzisiejszych stereoskopowych telewizorów 3D, noszącą nazwę stereoskopu, wynalazł w 1832 roku, a więc jeszcze przed fotografią, Sir Charles Wheatstone. Urządzenie wykorzystywało lustro ustawione pod kątem 45°, aby odbijać obrazy z lewej i prawej strony oka.

Pierwszy patent wyświetlacza zakładanego na głowę został stworzony przez T. McColluma w 1945 roku (rysunek 2.1). Jego koncepcją były okulary służące do oglą-

danía telewizji stereoskopowej, która była z kolei przeznaczona dla nieinteraktywnych filmów obsługujących tylko wyświetlanie wizualne bez śledzenia ruchu. Stosując podobne podejście, wynalazca H. Gernsback zaprojektował i stworzył pierwszy prototyp okularów do oglądania telewizji¹.



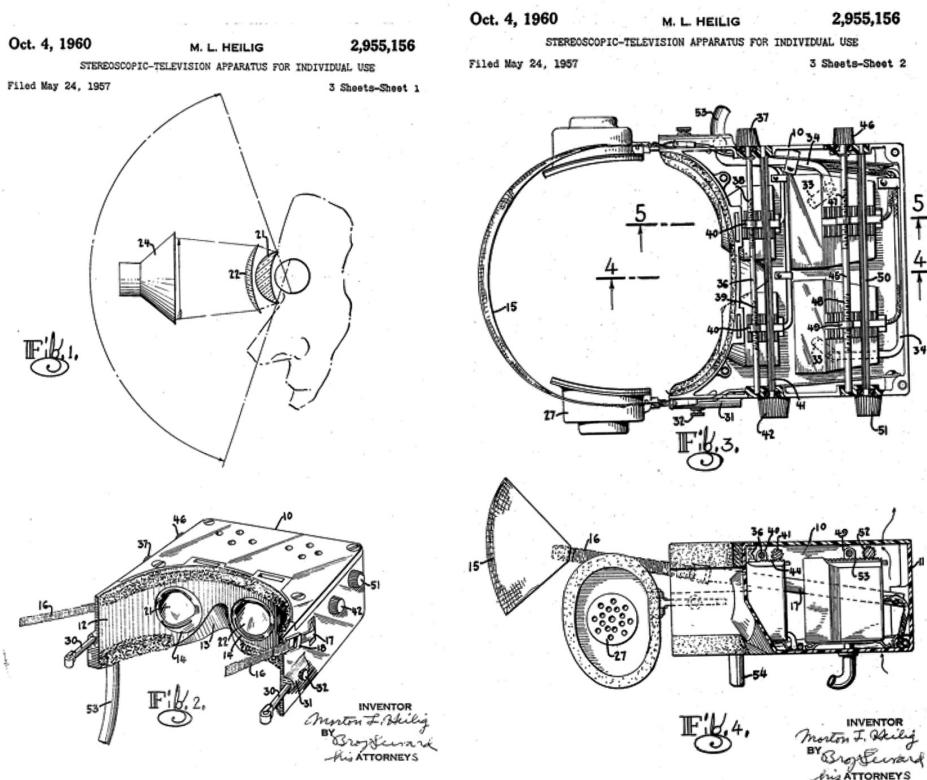
Rys. 2.1. Stereoscopic television apparatus

Źródło: T. McCollum, *Stereoscopic television apparatus*, US Patent #2,388,170 (1945).

W roku 1960 M. Heilig opatentował ulepszenie tego urządzenia, dbając o wygodę jego użytkowania dla jednej osoby. Projekty Heiliga znacznie bardziej przypominają dzisiejsze gogle RW – były to stereoskopy lub podobne systemy bazujące na zapewnieniu pierwszego i drugiego obrazu usytuowanego w dwóch lokalizacjach, przy czym obrazy

¹ F. Steinicke, *Being really virtual. Immersive natives and the future of virtual reality*, Springer, Cham 2016, s. 25.

odpowiadały paralaktycznie przesuniętym widokom tego samego obiektu i prezentowały pierwszy i drugi obraz, odpowiednio dla lewego i prawego oka obserwatora (rysunek 2.2). Dwa lata później Heilig stworzył również symulator Sensorama – urządzenie podobne do znanych dzisiaj kin 5D. Zasada jego działania opierała się na tym, że użytkownik wkładał głowę w specjalne stojące urządzenie, które poza dźwiękiem i obrazem oferowało doświadczanie także wielu innych odczuć, jak podmuch wiatru, zapachy, wibracje². Maszyna miała wiele funkcji zwiększających poczucie immersji, takich jak kolorowy, stereoskopowy wyświetlacz, wiatraki generujące sztuczny wiatr, emiterzy zapachów, głośniki stereofoniczne czy ruchome siedzenie. Wszystkie te elementy można nazwać warstwami budującymi doświadczenie w wirtualnej rzeczywistości. Stosując więcej warstw, można oczekiwać głębszego doświadczenia użytkownika.



Rys. 2.2. Stereoscopic-television apparatus for individual use

Źródło: M.L. Heilig, *Stereoscopic-television apparatus for individual use*, US Patent #2,955,156 (1960).

² P. Sylwestrzak, J. Szkutnik, *Rzeczywistość rozszerzona jako istotny element innowacyjności w działalności zarządczej i operacyjnej przedsiębiorstw dystrybucji energii elektrycznej*, „Rynek Energii”, 1(140)/2019, s. 98.

W 1961 roku inżynierowie Philco Corporation zbudowali pierwszy działający wyświetlacz zakładany na głowę (*Head Mounted Display*) pozwalający śledzić obiekty. Gdy użytkownik poruszył głowę, kamera znajdująca się w drugim pokoju poruszała się zgodnie z ruchami głowy użytkownika, dając mu poczucie przebywania w innym pomieszczeniu. Był to pierwszy na świecie działający system teleobecności. Rok później IBM otrzymał patent na pierwszą rękawicę do wprowadzania danych. Rękawica została zaprojektowana jako wygodna alternatywa dla wprowadzania danych za pomocą klawiatury lub konsoli. Zawierała ona czujniki dla każdego palca, pozwalała rozpoznać w ten sposób wiele jego pozycji, zaś cztery możliwe pozycje dla każdego palca umożliwiały opracowanie ponad miliona – dokładnie 1 048 575 – kombinacji wprowadzania danych. Takie rękawice z bardzo różnymi implementacjami stały się w latach 90. powszechnie wykorzystywanym urządzeniem do wprowadzania danych w ramach wirtualnej rzeczywistości.

Począwszy od 1965 roku, T. Furness i inni naukowcy z Bazy Sił Powietrznych Wright-Patterson pracowali nad wizualnie sprzężonymi systemami dla pilotów, które składały się z wyświetlaczy montowanych na głowie użytkownika. Podczas gdy Furness tworzył monitory montowane na głowie, I. Sutherland wykonywał podobną pracę na Uniwersytecie Harvarda w Utah. Sutherland jest znany z tego, że jako pierwszy zademonstrował mocowanie na głowie wyświetlacza wykorzystującego ruchy głowy użytkownika i generowane komputerowo zdjęcia, a także zaproponował nazwę rozwiązania: *Head-Mounted Display*. System ten określano również jako miecz Damoklesa (nazwa wzięta się stąd, że urządzenie ze względu na swoje rozmiary było tak ciężkie, że podwieszano je na suficie nad głową użytkownika – dostrzeżono tu paralelę do sytuacji, gdy mityczny Dionizos zawiesił miecz nad Damoklesem). Urządzenie nie tylko pokazywało proste obrazy w trójwymiarze, ale i aktualizowało perspektywę w zależności od położenia głowy użytkownika, co jest kluczowe dla prawidłowej percepcji w wirtualnej rzeczywistości. Historia Damoklesa jest dla technologii RW metaforą: „z wielką mocą wiąże się wielka odpowiedzialność, niepewne sytuacje dają poczucie złego”, a jak stwierdził Szekspir w „Henryku IV” – „niepokój leży na głowie, która nosi koronę”. Wszystko to, co stało się podwaliną RW dla obu twórców, jest istotne dla użytkowników RW nawet w dzisiejszych czasach.

W 1975 roku M. Krueger stworzył *VideoPlace* – pokój pozwalający użytkownikom na interakcję z wirtualnymi obiektami. Ten oparty na wizji system śledził dłonie i umożliwiał wzajemne oddziaływanie wielu palców, dłoni i ludzi za pomocą bogatego zestawu gestów. Użytkownicy *VideoPlace* mogli odkrywać interaktywne doświadczenia w nieograniczony sposób dzięki interakcjom całego ciała³.

Zainspirowany wizją I. Sutherlanda dr Frederick P. Brooks Jr. ustanowił nowy program badawczy w dziedzinie grafiki interaktywnej na Uniwersytecie Karoliny Północnej

³ J. Carmigniani, B. Fuhrt, *Augmented reality: An overview*, [w:] B. Fuhrt (red.), *Handbook of augmented reality*, Springer Science, Business Media, LLC. 2011, s. 3.

w Chapel Hill, początkowo kładąc nacisk na grafikę molekularną. Spowodowało to nie tylko wizualną interakcję z symulacją cząsteczki, ale zawierało także sprzężenie zwrotne siły w przypadku dokowania symulowanych cząsteczek. Dzięki rozwiązaniom Brooksa można było poczuć proces dokowania cząsteczki. Od tego czasu Uniwersytet Karoliny Północnej w Chapel Hill koncentruje się na budowaniu różnych systemów i aplikacji RW z zamiarem pomocy praktykom w rozwiązaniu prawdziwych problemów, począwszy od architektonicznych wizualizacji, na mikroskopijnych symulacjach chirurgicznych skończywszy.

W 1982 roku powstała firma Atari Research, kierowana przez legendarnego informatyka A. Kaya. Zespół badawczy Atari, w tym S. Fisher, J. Lanier, T. Zimmerman, S. Foster i B. Wenzel, dokonali burzy mózgów, w wyniku której opracowali nowatorskie sposoby interakcji z komputerami – tak zaprojektowana technologia przyczyniła się do komercjalizacji systemów RW⁴.

W roku 1985 S. Fisher, obecnie pracujący w NASA Ames, wraz z innymi badaczami NASA, opracował pierwszy komercyjny, stereoskopowy HMD z szeroką głowicą zwiększającą pole widzenia, zwany wyświetlaczem wirtualnego środowiska wizualnego (VIVED). Do jego konstrukcji wykorzystano maskę płetwonurka wzbogaconą wyświetlaczami dostarczającymi przez dwa telewizory kieszonkowe. Następnie S. Foster i B. Wenzel zbudowali system o nazwie Convolvotron, który zapewnił zlokalizowane dźwięków 3D. System RW był bezprecedensowy, ponieważ HMD może być produkowany w stosunkowo przystępnej cenie, co dało asumpt do „narodzin” przemysłu rzeczywistości rozszerzonej.

J. Lanier i T. Zimmerman opuścili Atari w 1985 roku, aby rozpocząć badania VPL – *Visual Programming Language*, w którym zbudowali komercyjne rękawice RW, wyświetlacze montowane na głowie i oprogramowanie do nich.

Pod koniec lat 80. i 90. rzeczywistość wirtualna zwróciła uwagę opinii publicznej, co jest zasługą wspomnianego już Laniera – pioniera informatyki, który w 1987 roku wprowadził do użycia termin „rzeczywistość wirtualna”. Badania nad nią trwały do lat 90. XX wieku, co w połączeniu z pojawieniem się takich filmów, jak „The Lawnmower Man”, pomogło zwiększyć jej rangę.

Przeważającą część obszaru rzeczywistości wirtualnej to przede wszystkim doświadczenia wizualne wyświetlane na ekranie komputera lub za pomocą specjalnych wyświetlaczy stereoskopowych. Rzeczywistość wirtualna może również obejmować stymulację słuchu przez głośniki lub słuchawki. Użytkownicy mogą wchodzić w interakcje ze środowiskiem wirtualnym za pomocą urządzeń, takich jak klawiatura, mysz lub przewodowe rękawiczki. Historia rzeczywistości wirtualnej jest w dużej mierze historią prób uczynienia doświadczenia bardziej realnym. Większość przykładów historycznych ma charakter właśnie wizualny, a w mniejszym stopniu słuchowy, co wynika ze sposobu doświadczania przez ludzkie zmysły, wśród których wzrok daje człowiekowi najwięcej informacji,

⁴ J. Jerald, *The VR book. Human-centered design for virtual reality*, ACM Books Series, #8, 2015, s. 22-27.

a drugi w kolejności jest słuch. Jednocześnie, jak wynika z teorii mowy niewerbalnej, aż 90% naszego postrzegania świata ma charakter wizualny lub słuchowy.

O ile pojawiające się próby wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej wspomagały jej stopniowe upowszechnianie się, o tyle po raz pierwszy rzeczywistość rozszerzona została wykorzystana przez T. Caudella, którego w 1990 roku poproszono o ulepszenie drogowych sposobów przedstawiania diagramów oraz urządzeń znakujących do kierowania pracownikami w hali produkcyjnej. Caudell zaproponował wówczas zastąpienie wielkich tablic ze sklejk, które zawierały indywidualnie zaprojektowane instrukcje okablowania dla każdego samolotu, specjalnymi okularami do RW wyświetlającymi określone schematy samolotu na tablicach, które dzięki temu stały się uniwersalne i wielozadaniowe⁵. Wówczas zaczęto także omawiać zalety rzeczywistości rozszerzonej względem rzeczywistości wirtualnej (RW), wymagającej mniejszej mocy w związku z tym, że wymaga ona mniejszej liczby pikseli. W tym samym roku L.B. Rosenberg opracował jeden z pierwszych funkcjonujących systemów AR w postaci wirtualnych urządzeń i zademonstrował ich korzyści w zwiększaniu wydajności ludzi, zaś S. Feiner, B. MacIntyre i D. Seligmann napisali pierwszy obszerny artykuł na temat prototypu systemu AR o nazwie KARMA⁶ (*Knowledge-based Augmented Reality Maintenance Assistant*).

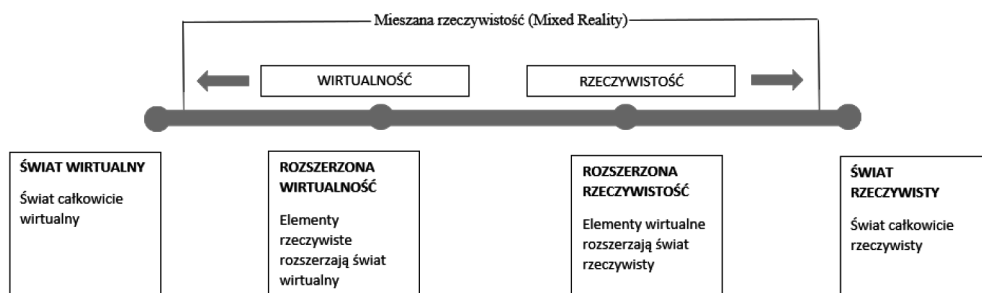
Zdefiniowane w 1994 roku przez P. Milgrama i F. Kishino kontinuum rzeczywistości wirtualnej – *reality-virtuality continuum* (rysunek 2.3) – obejmuje prawdziwe i wirtualne środowisko. Zgodnie z tą koncepcją rzeczywistość rozszerzona i wirtualność rozszerzona znajdują się gdzieś pomiędzy, z tym że rzeczywistość rozszerzona znajduje się bliżej środowiska rzeczywistego, a rozszerzona wirtualność – bliżej środowiska wirtualnego⁷. Zdaniem autora niniejszej monografii rzeczywistość i wirtualność to kategorie ulegające coraz silniejszemu rozmyciu. Wraz z rozwojem wirtualnych środowisk doświadczamy rozszerzania pojęcia rzeczywistości (*extended reality*). Przedstawiona przez Milgrama i Kishino koncepcja kontinuum, w którym rzeczywistość i wirtualność są przeciwległymi biegunami tego samego zjawiska, znalazła powszechne zastosowanie. Pomimo już 50-letniej historii wirtualnej rzeczywistości dopiero rozwój grafiki komputerowej i wprowadzenie rozwiązań konsumenckich w ostatnich latach doprowadziły do szerszego zainteresowania tym medium. Nie jest to zatem *novum*, choć omawiane rozwiązanie wciąż znajduje się na wczesnym etapie rozwoju.

W 1997 roku R. Azuma napisał pierwszą pracę o rzeczywistości wirtualnej, potwierdzając powszechnie uznaną definicję AR. Zidentyfikował ją jako połączenie rzeczywistego i wirtualnego środowiska, będąc jednocześnie zarejestrowanym w 3D i interaktywnym

⁵ H. Ho-Gun, J. Hong, *Augmented reality in medicine*, Hanyang Medical Reviews, Hanyang University College of Medicine, Institute of Medical Science, 2016, s. 205.

⁶ S. Feiner, B. MacIntyre, D. Seligmann, *Knowledge-based augmented reality*, "Communications of the ACM", 36(7)/1993, s. 54-60.

⁷ P. Milgram, F. Kishino, *A taxonomy of mixed reality visual displays*, "IEEE Trans. Inf. & Syst.", E77-D(12)/1994, s. 1321-1322.



Rys. 2.3. Diagram kontinuum rzeczywistość–wirtualność według P. Milgrama

Źródło: opracowanie własne na podstawie P. Milgram, F. Kishino, *A taxonomy of mixed reality visual displays*, „Leice Trans. Inf. & Syst.”, E77-D(12)/1994, s. 1321-1322.

w czasie rzeczywistym⁸. Pierwsza mobilna gra AR na świeżym powietrzu, ARQuake, została opracowana przez Bruce’a H. Thomasa w 2000 roku i zademonstrowana podczas International Symposium on Wearable Computers. Natomiast Raport Horizon z roku 2005 przewidywał, że technologie AR pojawią się na szerszą skalę w ciągu następnych 4-5 lat, co się potwierdziło. W kolejnych latach powstawało coraz więcej aplikacji AR w powiązaniu z aplikacjami mobilnymi, takimi jak uruchomiony w roku 2008 Wikitude AR Travel Guide, ale także wraz z rozwojem aplikacji medycznych, który nastąpił w 2007 roku. Obecnie postęp technologiczny, rosnąca liczba systemów AR i tworzonych aplikacji, w szczególności prototyp MIT 6th sense i kolejne generacje iPhone, są obietnicą zrewolucjonizowania mobilnego AR.

Pierwszych 15 lat XXI wieku ukazało dynamiczny wzrost w dziedzinie RW. Komputery, a przede wszystkim technologie mobilne, zdominowały nasze życie ze względu na ich moc, względnie niskie koszty i niewielkie rozmiary. Zwiększenie popularności i wszechobecność smartfonów umożliwiły powstanie generacji lekkich i praktycznych urządzeń RW i doprowadziły do ponownego zainteresowania RW. Aktualnie podstawowe elementy smartfonów – wysokiej rozdzielczości wyświetlacze, żyroskopy lub akcelerometry – są wbudowane w większość urządzeń. Jest to jeden z głównych powodów, dla których technologia RW kosztuje tylko ułamek ceny, za którą można było nabyć takie maszyny na początku lat 90. Ponadto przemysł gier komputerowych nadal napędza popyt konsumentów na RW. Kamery z wykrywaniem głębokości, kontrolery ruchu i naturalne interfejsy użytkownika stają się standardem nowoczesnych interfejsów komputerowych.

Koszty sprzętu RW zmniejszyły się od czasu pojawienia się w 1962 roku niewielkich urządzeń RW. Na skutek popularyzacji smartfonów ceny urządzeń RW spadły z dziesią-

⁸ M. Mekni, A. Lemieux, *Augmented reality: Applications, challenges and future trends*, Applied Computational Science, Proceedings of the 13-th International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science (ACACOS’14), Kuala Lumpur 2014, s. 205.

tek tysięcy dolarów do kilkuset dolarów, co wynika głównie z rozwoju optoelektroniki i mikroelektroniki. Pod względem optoelektroniki wyświetlacze do RW przekształcone zostały z CRT na TFT LCD/AMOLED, z coraz mniejszą objętością i wagą ekranów, rozdzielczością poprawioną do FHD+ i czasem reakcji skróconym do mikrosekund, w zakresie mikroelektroniki popularyzacją niskich kosztów układów scalonych SOC i jednostek przetwarzania wizualnego (VPU), a także hotspotem RW w polu układu scalonego.

Rozpowszechnienie RW nastąpiło w roku 2012 wraz z uruchomieniem projektu Oculus Rift poprzez zbiórkę w serwisie crowdfundingowym Kickstarter. Założyciel Oculus, P.F. Luckey, pracował jako inżynier w M&R w ramach zespołu projektowego ds. ekonomicznych RW. Luckey opracował szereg różnych prototypów HMD i publikował regularne aktualizacje swojej pracy na stronie internetowej dla entuzjastów RW. Luckey zrezygnował ze skomplikowanych systemów soczewek, stosowanych w drogich i komercyjnych rozwiązaniach mających za zadanie odpowiednio zniekształcać wyświetlany obraz, aby stworzyć złudzenie trójwymiarowości. Zamiast tego wykorzystał najprostsze soczewki powiększające, a wszystkie zniekształcenia zaimplementował programistycznie, dzięki czemu na ekranie wyświetlał się już odpowiednio przetworzony obraz. Wraz z wydaniem wersji testowej Oculus Rift DK rozpoczął się wyścig. Do gry włączyły się zarówno Facebook, Google, jak i Microsoft. Aktualnie liderem jakości w RW wydaje się HTC Vive, który współpracuje z popularną platformą gamingową STEAM.

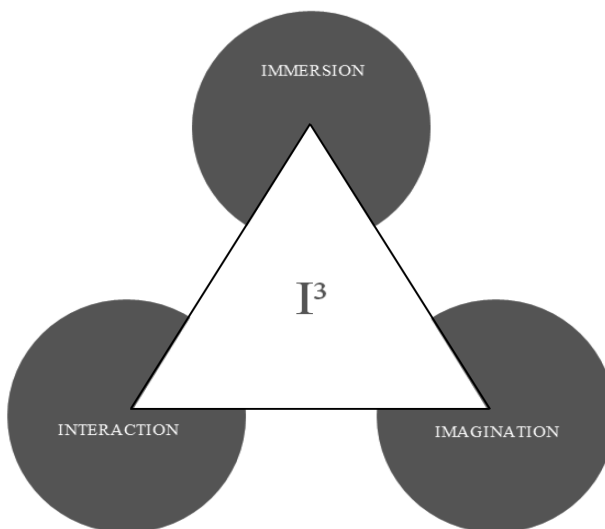
Rzeczywistość wirtualna i rzeczywistość rozszerzona mogą stać się kolejną dużą platformą obliczeniową, jak pokazuje historia komputera PC i smartfona. Zdaniem autora niniejszej monografii powstaną nowe rynki, a na dotychczas funkcjonujących nastąpią przeobrażenia. Nie brakuje przykładów tego, jak RW i AR mogą przekształcać aktualne sposoby wykonywania czynności – od zakupu nowego domu, interakcji z lekarzem, na oglądaniu meczu piłki nożnej skończywszy. W miarę postępu technologii, spadku cen, pojawienia się na zupełnie nowego rynku aplikacji (zarówno biznesowych, jak i konsumenckich) zwiększa się przekonanie o ogromnym potencjale RW/AR do tego, aby stał się on przemysłem wartym wiele miliardów dolarów.

Rzeczywistość wirtualna i rzeczywistość rozszerzona stanowią kluczowe pola nowej generacji informacji i technologii komunikacyjnych, oferujące dużą przestrzeń aplikacji, a także mające ogromny potencjał branżowy i szeroki zakres techniczny. Ma to duże znaczenie dla napędzania transformacji i modernizacji kluczowych komponentów rozbudowanych inteligentnych urządzeń, urządzeń do transmisji sieciowej, urządzeń do przetwarzania w chmurze, usług telekomunikacyjnych, oprogramowania i usług informacyjnych dotyczących branży. RW/AR ma długą historię techniczną. Rozwój przemysłu i technologii RW/AR nadal postępuje. Z perspektywy technologii wyświetlanie w pobliżu oka, przetwarzanie, renderowanie, percepcja i interakcja, sieć transmisji i tworzenie treści stanowią główny system. Z perspektywy przemysłu struktura systemu – przemysłowy RW – zależy od komponentów, wyposażenia, narzędzi, platform, zawartości i aplikacji.

2.2. Technologia wirtualnej rzeczywistości

Wirtualna rzeczywistość pozwala na multimedialne kreowanie komputerowych wizji rzeczy, miejsc czy zdarzeń oraz towarzyszącym im odczuć. Dzięki specjalnym goglom bez wychodzenia z domu można odwiedzić odległe miejsca, stanąć twarzą w twarz z niebezpiecznym zwierzęciem lub wybrać się na przejażdżkę luksusowym autem. Choć z początku dedykowana funkcjom czysto rozrywkowym, polegającym na przenoszeniu użytkowników do świata *science-fiction* wprost z najpopularniejszych gier komputerowych, RW znajduje swoje zastosowanie w skutecznej promocji usług i produktów. Za pomocą oprogramowania do tworzenia wirtualnej rzeczywistości firmy mogą wejść w zupełnie nową jakość interakcji ze swoimi klientami. RW można bowiem wykorzystać do stworzenia niepowtarzalnej prezentacji, która z powodzeniem sprawdzi się podczas wszelkiego rodzaju targów lub konferencji. Poprzez specjalne gogle można wykreować własny, niepowtarzalny świat marki, który wywrze na potencjalnych i aktualnych klientach wrażenie, jakiego nie sposób będzie zapomnieć.

Jedną z metod opisaną RW jest trójkąt I3, na który składają się immersja (ang. *Immersion*), interakcja (ang. *Interaction*) oraz wyobraźnia (ang. *Imagination*)⁹ (rysunek 2.4). Mając to na uwadze, przez wirtualną rzeczywistość rozumiemy przestrzeń wytworzoną przez wzajemne oddziaływanie – immersję, jako poczucie przynależności do sztucznie



Rys. 2.4. Trójkąt składników wirtualnej rzeczywistości

Źródło: G.C. Burdea, P. Coiffet, *Virtual reality technology*, 2nd edition, 2003, s.4.

⁹ G.C. Burdea, P. Coiffet, *Virtual reality technology*, 2nd edition, 2003, s. 4.

stworzonej rzeczywistości, interakcji, jako możliwości tworzenia zmian w tej rzeczywistości przez użytkownika, a także jego wyobraźni pozwalającej na odczucia, które nie są spostrzeżone przez wzrok.

Nie opracowano powszechnie akceptowalnej definicji rzeczywistości wirtualnej, a istniejąca koncepcja wykazuje niejasności i elastyczność. Wspólnym rdzeniem dla większości zastosowań i definicji tego terminu jest, zdaniem D.J. Chalmersa, to że środowisko rzeczywistości wirtualnej jest immersyjnym, interaktywnym środowiskiem generowanym komputerowo. W efekcie generowanie przez komputer tworzy te środowiska wirtualne, a immersja i interaktywność czynią nasze doświadczenie z nich przynajmniej zbliżonym do zwykłej rzeczywistości. Trzy kluczowe pojęcia immersji, interakcji i generowania komputerowego można wyjaśnić następująco¹⁰:

- Immersja: zanurzone środowisko to takie, które generuje percepcyjne doświadczenie środowiska z perspektywy przebywania w nim, dając użytkownikowi poczucie realnej obecności w tej perspektywie. Zazwyczaj obejmuje to dane wejściowe, które dają efekt wizualny doświadczany jak w trójwymiarowym środowisku, może się to odbywać wraz z dźwiękiem i innymi elementami zmysłowymi. Aktualnie paradygmat technologii immersyjnej RW obejmuje zestaw słuchawkowy z wyświetlaczem stereoskopowym. W przyszłości można sobie wyobrazić, że mogłyby to być okulary, soczewki kontaktowe lub implanty pozwalające na odczuwanie takich samych wrażeń.
- Interakcja: środowisko jest interaktywne, gdy działania użytkownika powodują znaczącą różnicę w tym, co się dzieje w środowisku. W obecnej wirtualnej rzeczywistości ta interakcja ma miejsce, gdy korzystamy z urządzeń wejściowych, takich jak narzędzia do śledzenia głowy i ciała, kontrolery ręczne, a nawet klawiatura komputerowa.
- Generowanie komputerowe: środowisko jest generowane komputerowo, gdy jest tworzone w ramach obliczeń procesów, takich jak symulacja komputerowa, która z kolei generuje dane wejściowe przetwarzane przez narządy zmysłów użytkownika. Aktualnie w wirtualnej rzeczywistości obliczenia zwykle odbywają się na stałym komputerze podłączonym do wyświetlacza zestawu słuchawkowego, komputera mobilnego (laptopa lub smartfona) bądź zestawu słuchawkowego z własnym wyświetlaczem.

W literaturze podaje się wiele różnych definicji rzeczywistości wirtualnej. Można je podzielić na dwie grupy, wynikające z różnego podejścia do omawianego zjawiska. Jedne koncentrują się na technicznej stronie zjawiska, drugie wskazują na aspekty psychologiczne. W definicjach technicznych kładzie się nacisk na opis określonego zestawu urządzeń i oprogramowania, dobierając je przy tym arbitralnie. Takie definicje mogą się okazać nieaktualne wraz z rozwojem techniki komputerowej i powstawaniem nowych urządzeń. Pomijają one również całkowicie uczestnika zjawiska, który ma do czynienia

¹⁰ D.J. Chalmers, *The virtual and the real*, "Disputatio", 9(46)/2017, s. 309-352.

nie tylko z aparaturą, ale przede wszystkim z wirtualnym światem. Podejście psychologiczne zakłada natomiast definicję opartą wyłącznie na doświadczeniach psychicznych, potraktowaną w szerszy sposób tak, by obejmowała wszelkiego rodzaju odmienne stany świadomości, w szczególności te wywoływane nie tylko przez technologie komputerową, ale również przez środki halucynogenne, sztukę czy praktyki medytacyjne¹¹.

Analizując wirtualność, można w literaturze napotkać wiele jej określeń ujmujących również wspomniane czynniki techniczne i psychologiczne. Do najciekawszych należą:

- Sztuczna rzeczywistość – kluczową rolę w tym procesie odegrał M. Krueger, amerykański informatyk, naukowiec i artysta, którego strategią twórczą było łączenie walorów estetycznych typowych dla świata sztuki z techniką komputerową. Krueger klasyfikował swoje projekty jako sztukę komputerową, nadając im miano sztucznej rzeczywistości czy też środowisk responsywnych, tj. interaktywnych systemów rejestrujących działania użytkownika – interaktora – i odpowiadających na nie w czasie rzeczywistym za pomocą różnorodnych środków audiowizualnych¹².
- Wirtualne środowiska – są sztucznie tworzone i nie przechwytyują treści z prawdziwego świata. Ich celem jest całkowite zaangażowanie użytkownika w wirtualnym doświadczeniu, mające na celu przeniesienie go do wirtualnego świata i tymczasowy brak kontaktu ze światem rzeczywistym, a także minimalizację wszelkich negatywnych bodźców płynących ze świata realnego.
- Wirtualne światy – do tej pory w definicji światów wirtualnych brakuje konceptualizacji tego, czym one są. Tendencja do ujęcia technologiczno-centrycznego ma zalety, ponieważ pozwala na niezliczoną liczbę doświadczeń użytkowników, jednak powoduje zamieszanie między technologiami o podobnych cechach technicznych, prawdopodobnie dlatego, że świat wirtualny opiera się na kombinacji różnych technologii. Rozwój wirtualnych światów, zarówno pod względem cech technicznych, jak i poszerzenia zakresu zgłaszanych doświadczeń użytkowników, doprowadził do wielości definicji tego, czym jest świat wirtualny, a czym on nie jest. Problem dodatkowo komplikuje mnogość terminów używanych w literaturze poświęconej badaniom edukacyjnym do oznaczenia technologii. Ciekawą, zdaniem autora, definicję wirtualnego świata zaproponował C. Girvan, opisując go jako „wspólne, symulowane przestrzenie, które są zamieszkane i ukształtowane przez ich mieszkańców reprezentowanych jako awatary. Awatary te pośredniczą w naszym doświadczaniu tej przestrzeni, gdy się poruszamy, wchodzimy w interakcje z przedmiotami i wchodzimy w interakcje z innymi, z którymi budujemy zrozumienie świata w tym czasie”¹³.

¹¹ I. Bondecka-Krzykowska, *Uwagi na temat ontologii wirtualnej rzeczywistości*, „Filozofia Nauki”, 20(4)/2012, s. 140-142.

¹² T. Safjanowski, *Od fikcji literackiej do praktyki artystycznej. Cyberpunkowe wizje rzeczywistości wirtualnej*, „Dyskurs. Pismo Naukowo-Artystyczne ASP we Wrocławiu”, 23/2017, s. 216.

¹³ C. Girvan, *What is a virtual world? Definition and classification*, „Education Tech Research Development”, 66(5)/2018, s. 1087-1100.

- Wirtualne obiekty – obiekty stworzone w ramach wirtualnej rzeczywistości i na jej potrzeby. Mogą być zarówno wierną kopią obiektów, z jakimi mamy do czynienia w świecie rzeczywistym, jak i obiektami nierealnymi. W wirtualnej rzeczywistości ograniczeniem jest jedynie nasza wyobraźnia. Jeżeli w świecie wirtualnym staramy się odwzorować świat rzeczywisty, musimy pamiętać o tym, by generowane wirtualnie obiekty spełniały określone warunki. Struktura obiektów wirtualnych powinna obejmować kilka poziomów interakcji, by można było je modelować za pomocą interakcji niższego stopnia, na przykład wirtualne obiekty muszą być odczytywane lub przetwarzane tylko przez inne aplikacje lub urządzenia¹⁴.

Zdaniem autora niniejszej publikacji M. Heim najciekawiej ujął wirtualną rzeczywistość, wymieniając jej siedem charakterystycznych cech. Co prawda nie wszyscy naukowcy zgadzają się z przywołanym badaczem, jednak wskazane przez niego właściwości w pełni opisują wirtualność. Są nimi¹⁵.

- Symulacja (ang. *Simulation*). Tak jak kiedyś systemy dźwiękowe były doceniane za wysoką wierność, tak teraz współczesne systemy obrazowania zapewniają wirtualną rzeczywistość. Trójwymiarowe systemy dźwiękowe kontrolują każdy punkt cyfrowej przestrzeni akustycznej, a ich precyzja przewyższa wcześniejsze systemy dźwiękowe w takim stopniu, że przyczynia się do tego trójwymiarowy dźwięk, uzupełniając rzeczywistość wirtualną. Symulacja w tym kontekście, zdaniem autora, jest relacją reprezentacji bez obecności referenta. Uznanie symulacji za prawdziwą nie oznacza konieczności odwołania się do zewnętrznego prawzoru, musi spełnić wyłącznie formalne warunki jawienia się obrazu, dźwięku naszym zmysłom¹⁶. Symulacja komputerowa używana jako technika narzędziowa do tworzenia wirtualnej rzeczywistości może odwoływać się do dwóch poziomów ontycznych: może naśladować rzeczywistość lub ją konstruować w taki sposób, by przedstawione przedmioty lub zdarzenia miały walor wiarygodności obrazu optycznego, nawet gdy przedmiot lub zdarzenie nie ma odpowiednika fizycznie istniejącego wzorca¹⁷.
- Interakcja (ang. *Interaction*), którą można wyprowadzić z cechy pierwszej – symulacji. Skoro mamy już wykreowaną wirtualną rzeczywistość, to korzystając z niej, będziemy na nią w jakiś sposób wpływać i odwrotnie. Użytkownicy mogą wchodzić w interakcje z wirtualnymi przedmiotami, środowiskiem w sposób przypominający ich interakcje z prawdziwymi przedmiotami czy środowiskiem. Użytkownicy powodują, że komputerowe symulacje „robią” pewne rzeczy. Autor prezentowanej publikacji w pełni identyfikuje się ze zobrazowaniem interakcji przez M. Heima na

¹⁴ J.P. Espada, O.S. Martínez, B.C.P. García-Bustelo, J.M.C. Lovelle, *Virtual objects on the Internet of Things*, "International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia", 1(4), s. 25.

¹⁵ M. Heim, *The metaphysics of virtual reality*, Oxford University Press, 1993, s. 109-138.

¹⁶ P. Astheimer, F. Dai, M. Göbel, R. Kruse, S. Müller, G. Zachmann, *Realism in virtual reality*, [w:] N.M. Thalmann, D. Thalmann, *Artificial life and virtual reality*, John Wiley & Sons Ltd., 1994, s. 191-192.

¹⁷ R. Konik, *Między przedmiotem a przedstawieniem. Filozoficzna analiza sposobów obrazowania w oparciu o malarstwo, fotografię i obrazy syntetyczne*, Oficyna Wydawnicza ATUT, Wrocław 2013, s. 366.

przykładzie ikony kosza na śmieci na ekranie komputera: „przy oczyszczaniu naszego komputera na pulpicie widzimy grafikę kosza na komputerze i używamy myszy, aby przeciągnąć niepotrzebny plik do kosza na śmieci, aby go wyrzucić. Biurko nie jest prawdziwym biurkiem, ale traktujemy jakby to było właściwie biurko. Kosz to ikona dla programu usuwającego, ale używamy go jako wirtualnego kosza na śmieci”. Zdefiniowana szeroko rzeczywistość wirtualna rozciąga się na wiele aspektów życia elektronicznego. Poza komputerami obejmuje wirtualne osoby, z którymi rozmawiamy. Interakcja jest czymś, czego żyjąc w społeczeństwie czy korzystając z wirtualnej rzeczywistości, nie sposób uniknąć¹⁸. Codziennie wchodzi się w relacje z innymi ludźmi, przedmiotami, podobnie jest w przypadku RW.

- Sztuczność (ang. *Artificiality*). Obecnie często spotykany jest pogląd, że projekt wykonywany za pomocą środków tradycyjnych jest o wiele bardziej wirtualny niż projekt wykonany w przestrzeni wirtualnej. Zdaniem autora mówimy tutaj o udziale człowieka, czyli sztuczności nabywa wszystko to, w co ingeruje człowiek. Podobnego zdania jest M. Heim, stwierdzając, że planeta Ziemia stała się sztucznym wytworem natury i człowieka. Sama natura – niebo z warstwą ozonową, nie wymyka się już wpływom ludzkim, a nasze życie publiczne jest w pełni skomputeryzowane.
- Immersja (ang. *Immersion*), czyli zanurzenie w wirtualnej rzeczywistości. Powstaje w sytuacji długotrwałego przebywania w VR; dzieje się tak poprzez zastosowanie odcinających od świata rzeczywistego immersyjnych urządzeń, takich jak wspomniany na początku rozdziału Oculus. Wejście do świata wirtualnego może stwarzać wrażenie przeniesienia się do niego, a ludzki umysł może się w nim zatracić, wręcz zapomnieć o świecie rzeczywistym (to zjawisko częste w grach komputerowych). Zdarza się, że efekt ten działa nawet wtedy, gdy ktoś, przebywając w świecie rzeczywistym, mentalnie jest w takim stopniu zaangażowany w świecie wirtualnym, że wciąż o nim myśli. To zatrzymanie umysłu w rzeczywistości wirtualnej bez wątpienia kusi możliwością doświadczania prawdziwych przeżyć, emocji, ekscytując doświadczaniem nowości¹⁹.
- Teleobecność (ang. *Telepresence*). Przez interfejs na żywo możliwa jest interakcja. Ludzie mogą brać udział w videokonferencjach, czując, że są obecni w odległej lokalizacji, co przenosi konferencję na całkowicie wyższy poziom. Łącząc panoramiczne kamery z robotami, użytkownik może nawet poruszać się w odległym środowisku. Dostępna aktualnie technologia RW pozwala wirtualnie odwiedzać oddalone od użytkownika miejsca i wchodzić z nimi w interakcje na wiele sposobów, które wcześniej były możliwe dzięki fizycznej obecności w tych miejscach. Prowadzi to do ulepszenia zdalnej pracy na dużych odległościach (dobrym przykładem są operacje dokonywane z użyciem robotów medycznych, podczas których lekarz chirurg fizycz-

¹⁸ B. Drabik, *Językowe rytuały tworzenia więzi interpersonalnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2010, s. 70.

¹⁹ M. Ostrowski, *Od gier wideo do światów wirtualnych*, „Filozofuj!”, 6(12)/2016, s. 42-43.

nie przebywa na przykład w Niemczech, ale w tym samym czasie, bez konieczności odbycia podróży służbowej, wykonuje operację w USA)²⁰.

- Całkowita immersja (ang. *Full-Body Immersion*). Wpłcenie w wirtualne środowisko wymaga cyfrowej jaźni fizycznej (*alter ego*) użytkowników. Te wirtualne repliki nazywane są awatarami. Awatary to wcielone interfejsy użytkowników i ich proxy w sztucznie wygenerowanym środowisku. Z jednej strony awatary zapewniają środki bezpośredniej interakcji ze środowiskiem na podstawie symulacji właściwości fizycznych i powodują efekt między obiektami wirtualnymi i wirtualnymi ciałami stanowiącymi awatary w wirtualnych światach. Z drugiej strony awatary są naszymi reprezentantami w świecie wirtualnym, są bezpośrednim rozszerzeniem nas samych w wirtualnej rzeczywistości, one także stanowią nasze bliskie podobieństwo, którego doświadczamy w ramach rzeczywistej egzystencji²¹. Oznacza to, że są to cyfrowe reprezentacje ściśle związane z nami samymi, naszą percepcją i naszą osobowością²². W późnych latach 60. M. Krueger, nazywany ojcem wirtualnej rzeczywistości, zaczął tworzyć środowiska interaktywne, w których użytkownik poruszał się bez obciążania go sprzętem do VR. Zdaniem autora niniejszej monografii pełna, całkowita immersja po raz pierwszy nastąpiła właśnie w *VideoPlace* stworzonym przez Kruegera.
- Komunikacja sieciowa (ang. *Networked Communications*). Jednym z pierwszych sieciowych systemów VR na dużą skalę była SIM-NET, symulacja wojskowa dla DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency), opracowana w 1983 roku. Pod koniec lat 80. Naval Postgraduate School opracował NPSNET – system symulacji pola walki, umożliwiający jednoczesny udział w walce setkom użytkowników²³. Większość urządzeń do wirtualnej rzeczywistości wykorzystuje różne czujniki, które dają różnorodne postrzeganie orientacji, przyspieszenia, lokalizacji, temperatury, a także możliwość nagrań audio i wideo. Co ważniejsze, mogą łączyć się zdalnie z usługami, udostępniać zebrane dane i wykorzystywać zasoby oferowane przez usługi w chmurze. Mogą również współpracować ze sobą i wymieniać kontekstowo dane między urządzeniem do rzeczywistości wirtualnej a chmurą lub drugim urządzeniem do rzeczywistości wirtualnej, korzystając z szerokiego zakresu kanałów komunikacji, takich jak: 3G, 4G, 5G, WiFi, bluetooth, a nawet w niektórych przypadkach NFC, z których każdy ma własną charakterystykę.

²⁰ S.M. Lavalley, *Virtual reality*, Cambridge University Press, 2019, s. 13-14.

²¹ J. Kritikos, P. Stavroula, Ch. Zoitaki, M. Douloudi, D. Koutsouris, *Full body immersive virtual reality system with motion recognition camera targeting the treatment of spider phobia*, [w:] *Pervasive computing paradigms for mental health*, 9th International Conference, MindCare 2019, Buenos Aires, Argentina, April 2019, Springer 2019, s. 216-218.

²² T. Waltemate, D. Gall, D. Roth, M. Botsch, M.E. Latoschik, *The impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response*, "IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics", 24(4)/2018, s. 1643-1644.

²³ J. Orlosky, K. Kiyokawa, H. Takemura, *Virtual and augmented reality on the 5G highway*, "Journal of Information Processing", 25/2017, s. 133-141.

Systemy rzeczywistości wirtualnej, biorąc pod uwagę natężenie cechy immersyjności, możemy klasyfikować według trzech kategorii. Należą do nich systemy: nieimmersyjne, immersyjne i częściowo immersyjne, oparte na jednej z ważnych cech rzeczywistości wirtualnej, czyli zanurzeniu i rodzaju interfejsu lub komponentów wykorzystanych w kontekście systemu.

Nieimmersyjny system VR, zwany także systemem Desktop VR lub Window on World System, jest najmniej wciągającym i najtańszym z systemów VR, ponieważ wymaga najmniej wyrafinowanych komponentów. Pozwala użytkownikom na interakcję ze środowiskiem 3D za pośrednictwem wyświetlacza stereo i okularów HMD. Inne jego typowe elementy to klawiatura i rękawice VR. Obszary zastosowań tego systemu obejmują modelowanie i systemy CAD. Nieimmersyjne środowisko rzeczywistości wirtualnej odnosi się do najmniej interaktywnej implementacji technik VR, takich jak interakcja z VR. Nieimmersyjny system nie zakłada pełnego zanurzenia w świecie rzeczywistości wirtualnej²⁴. Najczęściej stosowanym systemem VR jest system stacjonarny, który składa się ze standardowego monitora komputerowego do wyświetlania wirtualnego świata. Chociaż systemy te zapewniają niższy poziom obecności i być może interakcji, mogą osiągnąć zadowalający poziom jakości grafiki, komfortu i wygody użytkownika oraz mają niższe koszty. Użytkownik może następnie wchodzić w interakcje z tym środowiskiem, ale nie jest w nim zanurzony. Wykorzystuje przenośny monitor do wyświetlania obrazu świata. Nie jest tu potrzebne żadne inne wyjście sensoryczne.

Przeciwniegi biegun stanowi immersyjny system VR – najdroższy i dający najwyższy poziom zanurzenia. Jego komponenty obejmują HMD, urządzenia śledzące, rękawice VR i inne, które zanurzają użytkownika w wygenerowanej komputerowo animacji 3D, dającej mu poczucie bycia częścią wirtualnego środowiska. Ten rodzaj systemu VR obejmuje dźwiękowe i wizualne postrzeganie użytkownika w wirtualnym świecie i izoluje go od informacji zewnętrznych, dzięki czemu wrażenia są w pełni wciągające. Immersyjny system VR jest drogi i ma pewne wady, którymi są na przykład determinujące obrazy, obciążenie i problemy środowiskowe dotyczące symulatorów. Użytkownik korzystający z pełnego zanurzenia w technologii VR może poczuć się częścią wirtualnego środowiska. Przykładem zastosowania tego typu VR jest wirtualny spacer po budynkach. Zdaniem autora niniejszej dysertacji mamy aktualnie do czynienia z ustanowieniem pewnego rodzaju analogii skonstruowanego eksperymentalnie świata immersyjnego ze światem fizycznym²⁵.

Częściowo immersyjna rzeczywistość wirtualna to stosunkowo nowe rozwiązanie w świecie technologii VR. Zwana jest także systemem hybrydowym lub systemem rze-

²⁴ S. Shahrbanian, X. Ma, N. Aghaei, N. Korner-Bitensky, K. Moshiri, M. J. Simmonds, *Use of virtual reality (immersive vs. non immersive) for pain management in children and adults: A systematic review of evidence from randomized controlled trials*, "European Journal of Experimental Biology", 2(5)/2012, s. 1408.

²⁵ J.L. Rubio-Tamayo, M.G. Barrio, F.G. García, *Immersive environments and virtual reality: Systematic review and advances in communication, interaction and simulation*, "Multimodal Technologies and Interact", 1(21)/2017, s. 3.

czywistości rozszerzonej o wysokim poziomie zanurzenia (lecz niepełnym), zachowuje jednocześnie prostotę wirtualnej rzeczywistości komputerowej lub wykorzystuje trochę fizycznego modelu. Można zatem stwierdzić, że częściowo immersyjny system składa się z atrybutów VR i świata rzeczywistego poprzez wcielenie obiektów grafiki komputerowej w scenę rzeczywistości. Ma kilka zalet w porównaniu z systemami w pełni zanurzającymi się, takimi jak system CAVE – są nimi koszt, łatwość użytkowania i logistyka. Ma jednak również wady: ograniczony zakres urządzeń do interakcji i problemy z aplikacjami dla wielu użytkowników²⁶.

Urządzenia i technologie, za pomocą których można wchodzić w interakcje w wirtualnej rzeczywistości, są znane jako urządzenia VR i technologie VR. Elementy niezbędne do budowania i doświadczania VR są podzielone na dwie główne grupy – komponenty sprzętowe i oprogramowanie. Komponenty sprzętowe z kolei dzielą się na cztery składniki: stację roboczą komputera, wyświetlacze sensoryczne, system śledzenia i urządzenia wejściowe.

Komputerowa stacja robocza to wysokiej klasy mikrokomputer przeznaczony do zastosowań technicznych lub naukowych. Stacje robocze są przeznaczone przede wszystkim do użytku przez jedną osobę, zwykle są podłączone do sieci lokalnej i działają w systemie operacyjnym dla wielu użytkowników. Termin „stacja robocza” został również użyty w odniesieniu do terminala komputerowego lub komputera osobistego (PC) podłączonego do sieci. Stacje robocze oferowały wyższą wydajność niż komputery osobiste, zwłaszcza w odniesieniu do procesora i grafiki, pojemności pamięci i możliwości wielozadaniowości. Komputerowe stacje robocze są zoptymalizowane do wizualizacji i manipulacji różnego rodzaju złożonymi danymi, takimi jak projektowanie mechaniczne 3D, animacja inżynierii symulacji i renderowanie obrazów oraz wykresy matematyczne. Stacje robocze stanowią pierwszy segment rynku komputerowego do zaprezentowania zaawansowanych akcesoriów i narzędzi do współpracy w ramach VR. Komputerowa stacja robocza steruje kilkoma sensorycznymi urządzeniami wyświetlającymi, aby zanurzyć użytkownika w wirtualnym środowisku 3D.

Wyświetlacze sensoryczne służą do wyświetlania użytkownikowi symulowanych światów wirtualnych. Najbardziej powszechnymi sensorycznymi wyświetlaczami są komputerowe wyświetlacze wizualne zakładane na głowę (HMD) dla obrazu 3D i słuchawki dla dźwięku 3D. Wyświetlacze montowane nakładane na głowę użytkownika zawsze umieszczają ekran przed jego oczami. Widok, czyli pewien segment środowiska wirtualnego wygenerowanego i wyświetlonego, jest kontrolowany przez czujniki orientacji, które są zamontowane w kasku. Ruch głowy jest rozpoznawany przez komputer, po czym generowana jest nowa perspektywa sceny. W większości przypadków zestaw optyczny soczewki i lustro służy do powiększania widoku, wypełniania pola widzenia i kierowania sceny do oczu. Do wyświetlaczy tych zalicza się: HMD, BOOM (*Binocular*

²⁶ O. Bamodu, X. Ye, *Virtual reality and virtual reality system components*, Proceedings of the 2nd International Conference on Systems Engineering and Modeling (ICSEM-13), France 2013, s. 922.

Omni-Orientation Monitor), okulary migawkowe, VDU (*Visual Display Unit*), czyli monitory. Różnica między HMD a BOOM jest taka, że użytkownik nie musi nosić wyświetlacza BOOM, jak w przypadku HMD. To znaczy, że przekroczenie granicy między światem wirtualnym a światem rzeczywistym następuje wraz z odwróceniem wzroku od BOOM. Ekrany i układ optyczny są umieszczone w pudełku przymocowanym do ramienia wielowiązkowego. Użytkownik zagląda do pudełka przez dwa otwory, widzi w nim wirtualny świat i może poprowadzić pudełko do dowolnej pozycji w obrębie zasięgu operacyjnego urządzenia²⁷. Najprostsze systemy VR wykorzystują tylko monitor do prezentacji sceny użytkownikowi. Jednak „okno na paradygmat świata” można ulepszyć, dodając widok stereo za pomocą okularów migawkowych LCD. Migawka okularów LCD obsługuje trójwymiarowy widok za pomocą sekwencyjnego stereo: z wysoką częstotliwością zamykają i otwierają obrazy przed oczami użytkownika, gdy na monitorze wyświetlane są odpowiednie obrazy.

Systemy śledzenia są niezbędne, by zapewnić użytkownikowi zanurzonemu w wirtualnej rzeczywistości poczucie, że naprawdę się w niej znajduje. Najważniejsze komercyjne i eksperymentalne urządzenia do śledzenia pozycji 3D wykorzystują akustyczne, elektromagnetyczne i optyczne metody określania pozycji i orientacji. Najczęstszą techniką jest użycie kamery wideo działającej jak oko elektroniczne obserwujące obiekt lub osobę, która ma być śledzona.

Urządzenia wejścia są ostatnim składnikiem komponentów VR i służą do wykreowania przez użytkownika interakcji w RW. Urządzenia, takie jak joystick, rękawice RW, klawiatura, są stosowane do interakcji ze środowiskiem wirtualnym i obiektami wirtualnymi.

Do wykorzystania opisanego sprzętu niezbędne jest komplementarne, specjalne oprogramowanie, które można podzielić ze względu na funkcje, jakie ma ono pełnić. I tak wyróżnia się: oprogramowanie do modelowania 3D, oprogramowanie graficzne do 2D, oprogramowanie do cyfrowej edycji dźwięku i oprogramowanie do symulacji VR. Oprogramowanie do modelowania 3D służy do konstruowania geometrii obiektów w wirtualnym świecie i określania właściwości wizualnych tych obiektów. Oprogramowanie do grafiki 2D jest stosowane do manipulowania teksturą, która ma być zastosowana na obiektach, służy przede wszystkim do poprawy ich szczegółów, czyli oprawy wizualnej. Oprogramowanie do cyfrowej edycji dźwięku jest wykorzystywane do miksowania i edycji dźwięków wytwarzanych przez obiekty w obrębie wirtualnego środowiska. Oprogramowanie do symulacji łączy wszystkie te elementy. Służy ono do programowania sposobu, w jaki mają się zachowywać obiekty wirtualne, i ustala zasady, którymi kieruje się cały wirtualny świat²⁸.

²⁷ Adil Jamil Zaru, M. Alamgeer, *An overview of virtual reality*, "IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)", 20(2)/2018, s. 33.

²⁸ M.O. Onyesolu, F.U. Eze, *Understanding virtual reality technology: Advances and applications*, Advances in Computer Science and Engineering, Matthias Schmidt, Intech Open, DOI: 10.5772/15529, <https://www.intechopen.com/books/advances-in-computer-science-and-engineering/understanding-virtual-reality-technology-advances-and-applications>, s. 57.

Wirtualna rzeczywistość jest jedną z ważniejszych technologii, mogącą przynieść ogromne korzyści w świecie rzeczywistym. Uważa się ją za pełne wizualizacji środowisko z wykorzystaniem odpowiednich technologii komputerowych do ich symulowania. W większości środowisk edukacyjnych VR jest wykorzystywana do symulowania rzeczywistego świata. Benefity wynikające z jej użycia często zaczynają się od grafiki komputerowej. We współcześnie rozumianej wirtualności nie chodzi już o podwojenie światów, lecz o podstawienie w miejsce rzeczywistości znaków rzeczywistości, to znaczy o operację, w której zamiast realnego procesu na pierwszy plan wysuwa się jego operacyjny sobowtór, homeostatyczna maszyna znakotwórcza, bezgrzeszna, programowalna, oferująca wszystkie znaki rzeczywistości i w krótkim zwarcu wszystkie jej perypetie²⁹.

Technologie VR i AR idealnie wpisują się w pojęcie Logistyki 4.0. Choć na pierwszy rzut oka w dzisiejszych czasach hasło „rewolucja przemysłowa” wydaje się przeterminowane, warto wiedzieć, że właśnie kolejna rewolucja przemysłowa dzieje się na naszych oczach. Logistyka 4.0. powstała na podstawie koncepcji Przemysłu 4.0, czyli czwartej rewolucji przemysłowej.

Pierwsza rewolucja nastąpiła, gdy w przemyśle zaczęto wykorzystywać siłę pary, druga – wraz z wykorzystaniem energii elektrycznej i stworzeniem taśm produkcyjnych. Trzecia rewolucja, nazwana również cyfrową, zaczęła się od automatyzacji produkcji i wykorzystania elektroniki. Logistyka 4.0 kontynuuje ten trend z uwzględnieniem nowoczesnej technologii informacyjnej i komunikacyjnej. Inteligentne i cyfrowo połączone systemy mają umożliwić komunikację między ludźmi, maszynami, sprzętem, rozwiązaniami logistycznymi i produktami. W związku z tym zadania logistyków nie ograniczają się już, jak wcześniej, do samego transportu, lecz opierają się na zarządzaniu funkcjami i koordynowaniu działań między firmami logistycznymi.

Prawdziwą rewolucją było pojawienie się w 2012 roku pierwszego prototypu gogli VR Oculus Rift, który na nowo rozbudził powszechne zainteresowanie wirtualną rzeczywistością. Były to pierwsze komercyjne i szeroko dostępne gogle VR – tańsze od poprzedników, wygodniejsze w obsłudze i przede wszystkim zapewniające użytkownikom lepsze wrażenia. Zdaniem autora niniejszej monografii wirtualna rzeczywistość stała się przystępniejsza, powstało wiele konkurencyjnych produktów, w tym Google Glass i Cardboard, PlayStation VR, Samsung Gear VR, Microsoft HoloLens czy HTC Vive, oraz akcesoriów i treści kierowanych do zróżnicowanych grup odbiorców, nie tylko do fanów nowinek technologicznych, największe triumfy VR odnosi jednak w branży rozrywkowej.

W 2017 roku firma Google w trakcie konferencji I/O ogłosiła partnerstwo z innymi HTC celem stworzenia bezprzewodowych zestawów wirtualnej rzeczywistości wraz ze śledzeniem ruchów głowy, a także kamerami – sensorami Tango, służącymi do funkcji AR. Akcesoria obsługują Daydream, opracowany przez Google system opera-

²⁹ J. Baudrillard, *Precesja symulaków*, przeł. T. Komendant, [w:] *Postmodernizm. Antologia przekładów*, Kraków 1997, s. 177-178.

cyjny VR. Sundar Pichai, CEO firmy, oświadczył, że urządzenia działają autonomicznie bez potrzeby posiadania komputera bądź smartfona, a także są pozbawione połączenia przewodowego. Zdaniem autora technologia ta była przełomowa w rozwoju VR na potrzeby biznesu i rozrywki (np. PlayStation VR 2).

2.3. Technologia rzeczywistości rozszerzonej

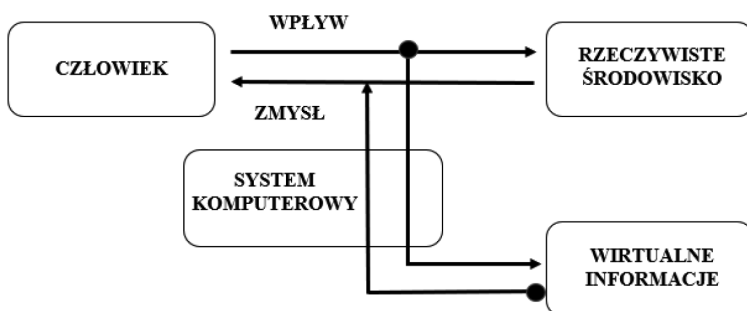
Rzeczywistość rozszerzona, w ramach której można ulepszyć dowolny widziany obiekt poprzez dodanie do niego pewnych cennych wizualnych informacji, jest definiowana jako fizyczne rozszerzenie rzeczywistości faktycznej i polega na dodaniu warstw danych generowanych komputerowo do rzeczywistego obrazu środowiska. Dane w tym przypadku mogą oznaczać dowolny wirtualny obiekt lub treść, w tym tekst, element graficzny, klip wideo, próbkę audio, informacje sensoryczne, GPS, a nawet zapach. Technologia AR to zupełnie nowe podejście do interakcji między człowiekiem a urządzeniami lub obiektami cyfrowymi. Rzeczywistość rozszerzona sama w sobie nie służy żadnemu szczególnemu celowi. Zaczyna mieć znaczenie, koncentrując się na ludziach i ich postrzeganiu świata³⁰. Rzeczywistości nie można zwiększyć, ale jej postrzeganie – jak najbardziej. AR to nowe, rewolucyjne narzędzie ułatwiające interakcję człowiek–komputer. Pozwala no łączyć dane generowane komputerowo z obrazem faktycznego środowiska.

Wspomniane rozwiązanie może pomóc wypełnić lukę między produktami, rozwojem i produkcją, tworzeniem procesów i jakością, głównie ze względu na możliwość ponownego wykorzystywania i odtwarzania cyfrowych informacji w celu wsparcia pracowników³¹. Rzeczywistość rozszerzoną należy rozumieć jako bezpośrednią lub pośrednią reprezentację świata rzeczywistego, dostarczaną w czasie rzeczywistym, który został dodatkowo rozszerzony/powiększony poprzez dodanie do niego przez komputer warstw informacji cyfrowych. W związku z tym można stwierdzić, że celem rzeczywistości rozszerzonej jest ułatwienie życia użytkownikowi, zapewniając mu wirtualne informacje nie tylko o najbliższym środowisku, ale także o świecie jako takim, na przykład w formie obrazu na żywo³². Proces przedstawiania informacji kreowanej wirtualnie w świecie rzeczywistym przedstawiono na rysunku 2.5.

³⁰ B. Allbach, M. Memmel, P. Zeile, B. Streich, *Mobile augmented city – new methods for urban analysis and urban design process by using mobile augmented reality services*, Real Corp 2011: Change for stability: Lifecycles of Cities and Regions, s. 98.

³¹ A.Y.C. Nee, S.K. Ong, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, 7-th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, International Federation of Automatic Control, Saint Petersburg 2013, s. 6.

³² P. Sylwestrzak, J. Szkutnik, *Augmented reality as a crucial element in modern electric distribution company*, Proceedings of the 2019 20TH International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), s. 425.



Rys. 2.5. Schemat rzeczywistości rozszerzonej

Źródło: opracowanie własne.

Rzeczywistość rozszerzoną można umiejscowić w kontekście zwanym mieszaną rzeczywistością (*Mixed Reality*), która odnosi się do wieloosiowego spektrum obszarów obejmujących rzeczywistość wirtualną (VR), omawianą rzeczywistość rozszerzoną, teleobecność i inne pokrewne technologie³³. W systemach rzeczywistości mieszanej użytkownicy postrzegają zarówno otaczające środowisko fizyczne, jak i elementy cyfrowe prezentowane na przykład przez użycie półprzezroczystych wyświetlaczy. Przykłady takiego rozwiązania stanowią system wskazujący nazwę i pochodzenie przedmiotów wokół użytkownika, wyświetlający wirtualne etykiety nakładające się na te obiekty, system, który prowadzi użytkownika przez wyświetlanie wirtualnych strzałek, lub system wyświetlający imiona i przynależność ludzi na wirtualnych odznakach. Informacje mogą być prezentowane w języku ojczystym użytkownika lub dopasowane do jego indywidualnego profilu, na przykład podczas przeglądania produktów spożywczych można podać określone informacje, biorąc pod uwagę alergię użytkownika³⁴. W rzeczywistości mieszanej postrzeganie rzeczywistości przez człowieka jest różnorodnie manipulowane. System może bowiem zmieniać rzeczywistość na wiele sposobów: może coś dodać (rzeczywistość rozszerzona), coś usunąć (rzeczywistość zmniejszona) lub coś modyfikować (rzeczywistość modulowana)³⁵. Choć w literaturze funkcjonuje bardzo dużo różnych definicji, wielu naukowców spiera się o to, czym tak naprawdę jest mieszana rzeczywistość. Część uważa ją wprost za rzeczywistość rozszerzoną, ponieważ tak naprawdę definicje obu rzeczywistości są sobie najbliższe. Występują znaczące różnice w rozumieniu rzeczywistości mieszanej przez ekspertów. Można stwierdzić, że MR, według kontinuum

³³ R. Silva, J.C. Oliveira, G.A. Giraldi, *Introduction to augmented reality*, Technical Report: 25/2003, LNCC, Brazil, s. 1.

³⁴ E. Costanza, A. Kunz, M. Fjeld, *Mixed reality: A survey*, [w:] D. Lalanne, J. Kohlas, *Human-machine interaction*, Springer, Berlin 2009, s. 49.

³⁵ S. Siltanen, *Theory and applications of marker-based augmented reality*, Julkaisija – Utgivare, Kuopio 2012, s. 18.

Milgrama i innych, stanowi „mocniejszą” wersję AR, rzeczywistość mieszana ujmowana jest jako kombinacja AR i VR (potencjalnie związana z określonym sprzętem lub urządzeniami), MR jest także postrzegana jako synonim AR³⁶.

Łącząc systemy elektroniczne (świat wirtualny) ze światem fizycznym bez próby jego zastąpienia, a więc tylko i wyłącznie wzbogacenia, możemy wykorzystać jedną lub więcej z trzech podstawowych strategii w ramach rzeczywistości rozszerzonej, mianowicie możemy:

- rozszerzyć użytkownika – użytkownik zakłada na siebie lub nosi urządzenie, zwykle na głowie lub w ręce, w celu uzyskania informacji o przedmiotach fizycznych,
- rozszerzyć obiekt fizyczny – obiekt fizyczny zmienia się przez osadzenie na nim danych wejściowych, wyjściowych lub urządzenia obliczeniowego na nim lub w jego obrębie,
- rozszerzyć środowisko otaczające użytkownika i obiekt – nie dotyczy to bezpośrednio ani użytkownika, ani obiektu, zamiast tego niezależne urządzenia zapewniają i zbierają informacje z otaczającego środowiska, wyświetlając informacje na obiektach i przechwytyując informacje o interakcjach użytkownika z obiektami.

Strategia skupiająca się na użytkowniku wymaga korzystania z różnorodnych urządzeń do noszenia przez użytkowników, pozwalających im widzieć, słyszeć i dotykać sztucznie stworzonych przedmiotów i zanurzać się w wirtualnych środowiskach komputerowych – od wyrafinowanych symulatorów lotów aż po bardzo pomysłowe gry komputerowe. Przykładem użycia tej strategii będzie zastosowanie w medycynie i wykorzystanie ciała człowieka jako nośnika generowanych wirtualnie informacji podczas badania ultrasonograficznego³⁷.

Strategia dotycząca rozszerzania obiektów fizycznych polega na wzbogacaniu ich o funkcje, które byłyby niemożliwe bez AR. Wzbogacenie obiektu fizycznego może następować przez takie urządzenia elektroniczne, jak czujniki (światło, dźwięk, dotyk, bliskość). Integracja obiektu z czujnikami sprawia, że obiekt zaczyna reagować na zaprogramowane sygnały (dźwiękowe, świetlne i inne). Przykładem może być włączenie światła za pomocą głosu – użytkownik wydaje komendę głosową, na którą reagują czujniki dźwięku, uruchamiając w domu oświetlenie.

Trzecia strategia to rodzaj rzeczywistości rozszerzonej poprawiającej fizyczność środowiska dzięki wsparciu różnych ludzkich działań. Rzeczywistość rozszerzona to wirtualna iluzja obiektu, środowiska. Zapewniając warstwę informacji na temat istniejącego świata fizycznego, ludzie mogą widzieć więcej, a tym samym pracować i uczyć się wydajniej. Taki rodzaj strategii może być wykorzystany przy planowaniu urbanistycznym z użyciem AR³⁸.

³⁶ M. Speicher, B.D. Hall, M. Nebeling, *What is mixed reality?*, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings (CHI 2019), May 4-9, Glasgow 2019, s. 1-15.

³⁷ H. Ho-Gun, J. Hong, *op. cit.*, s. 242.

³⁸ B. Allbach, M. Memmel, P. Zeile, B. Streich, *op. cit.*, s. 636.

Dobór strategii zależy od naszych oczekiwań i tego, co musimy zrobić, a także od tego, jakiego poziomu interakcji oczekujemy. Każda ze strategii wpływa na naszą percepcję. W literaturze opisuje się dwie główne koncepcje, które definiują postrzeganie. Pierwszą stanowi koncepcja bierna, w której system sensoryczny biernie odbiera stymulacje i przetwarza te informacje, aby odnieść się do wewnętrznych reprezentacji. Drugą zaś jest koncepcja aktywna, skupiająca się na wydobywaniu regularności między działaniami i stymulacjami, które umożliwiają postrzeganie. Wydaje się, że obecnie postrzega się interakcję za pomocą podejścia sensoryczno-motorycznego (koncepcja aktywna), w przeciwieństwie do liniowego i sekwencyjnego podejścia do procesu percepcji (koncepcja bierna). Każda percepcja i każda wiedza ma tylko jeden finał/cel – świadomy czy nie. Jest nim działanie.

Podejmuje się wiele prób klasyfikacji środowisk rzeczywistości rozszerzonej. Technologia ta jest podzbiorem środowisk lub systemów mieszanych. Te taksonomie, zarówno techniczne, funkcjonalne, jak i koncepcyjne, często mają na celu opisywać, porównywać i generować³⁹.

Taksonomia koncepcyjna jest podzbiorem rzeczywistości rozszerzonej, w ramach której badane są różne mieszane środowiska, aby zidentyfikować powszechne wykorzystanie zdolności ludzkich związanych ze światem fizycznym, z ciałem i ze środowiskiem społecznym. Zaletą mieszanych środowisk jest ich zdolność do nie tylko wiernego odtwarzania rzeczywistości za pomocą takich czynników, jak siła wypowiedzi, wydajność, ergonomia i dostępność, umożliwiających ważenie świata fizycznego. Ta klasyfikacja pozwala na wygenerowanie dużej liczby możliwości interakcji przez mieszane systemy. W.E. Mackay⁴⁰ proponuje klasyfikację mieszanych interfejsów, których wspólnym mianownikiem jest cel rozszerzenia. Różne cele to użytkownicy, obiekty interakcji i środowisko.

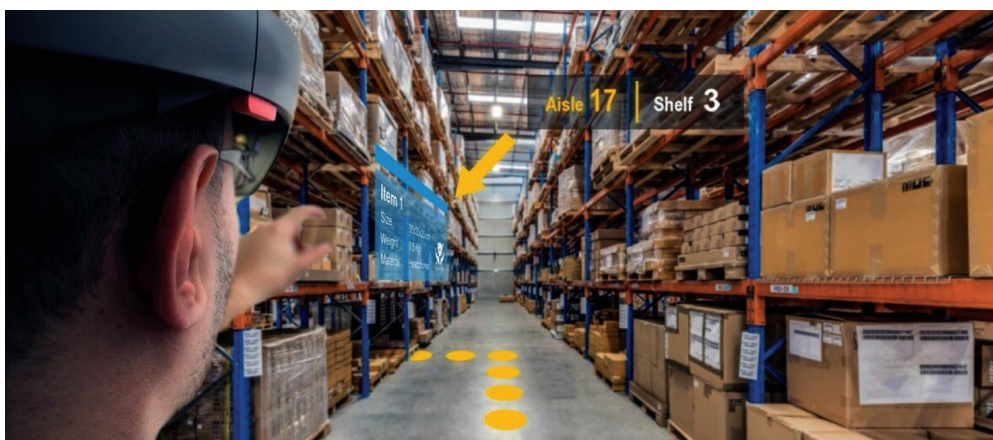
Taksonomia techniczna znana jest pod nazwą kontinuum wirtualność–rzeczywistość. W ramach tego podzbioru następuje dyskrecjonowanie i klasyfikowanie środowiska według czterech kategorii. Idea kontinuum podkreśla, że następuje stopniowe przejście od rzeczywistości do wirtualności i odwrotnie. Odbywa się to przez analizę ruchów użytkownika w celu wyodrębnienia jego działania na podstawie ruchów oczekiwanych, przechwyconych i pożądanых.

Taksonomia funkcjonalna leży u podstaw połączenia świata rzeczywistego i świata wirtualnego. Przyjmuje się klasyfikację w podziale na dwie odrębne części: pierwszą jest cel zadania, a drugą – rodzaj rozszerzenia. Podczas gdy cel zadania umożliwia użytkownikom działanie: „rozszerz i określ kontinuum Milgrama, dodając do niego dwa kontinua w celu odróżnienia rzeczywistości rozszerzonej od rzeczywistości wirtualnej”, druga cecha umożliwia istnienie dwóch różnych typów funkcjonalnych rozszerzeń. Pierwszy

³⁹ M. Beaudouin-Lafon, *Instrumental interaction: An interaction model for designing post-wimp user interfaces*, in CHI '00: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, New York, NY, USA, ACM, 2000, s. 446-453.

⁴⁰ W.E. Mackay, *Augmenting reality: A new paradigm for interacting with computers*, World Proceedings of ECSCW'93, The European Conference on Computer Supported Cooperative Work, vol. 7, 1996, s. 13-21.

polega na zwiększonej wydajności, a drugi jest rozszerzoną percepcją. Rodzaj rozszerzenia umożliwia użytkownikom wykonywanie zadań w świecie rzeczywistym w nowy sposób, podczas gdy pozostali, znacznie bardziej powszechny w odniesieniu do systemu AR, umożliwia dostarczenie odpowiednich informacji dla danego zadania. Pierwsza funkcjonalność dotyczy rozszerzonego postrzegania rzeczywistości i polega na podkreśleniu, że AR stanowi narzędzie do pomocy w podejmowaniu decyzji. Może dostarczyć informacji, które umożliwią lepsze zrozumienie rzeczywistości i ostatecznie zoptymalizują działanie na rzeczywistości. Druga funkcjonalność polega na tworzeniu sztucznego środowiska. W teorii postrzegania wszystkie działania, nawet najbardziej spekulacyjne (np. myślenie, modelowanie), dotyczą działań. Jednak ludzie mają zdolność, która wydaje się częściowo wymykać temu prawu – wyobraźnię. Można racjonalnie uznać, że tworzenie obrazów mentalnych może nie być satysfakcjonujące, kiedy kierujemy się celem praktycznym, chociaż to, co sobie wyobrażamy, może wywoływać dobrowolne skutki oddziałujące na percepcję i działania w prawdziwym świecie. Innymi słowy można stwierdzić, że technologia rzeczywistości rozszerzonej pozwala użytkownikowi interaktywnie eksplorować wirtualną reprezentację obrazu uzyskanego z rzeczywistej przestrzeni (rysunek 2.6).



Rys. 2.6. Widok magazynu w ramach AR

Źródło: <https://jasoren.com/augmented-reality-warehouse/>.

Obraz jest albo obserwowany w czasie rzeczywistym (rzutowanie na wirtualny obiekt), albo wybrane tekstury są nanoszone na wirtualne obiekty, które odpowiadają rzeczywistym obiektom. To powoduje, że świat wirtualny wydaje się, w ograniczonym zakresie, światem rzeczywistym, przy jednoczesnym zachowaniu elastyczności świata wirtualnego. Pod tym względem świat rozszerzonej wirtualności można postrzegać jako

instancję immersyjnych obrazów 3D. Obiekty mają wygląd podobny do ich prawdziwych odpowiedników, ale można nimi manipulować w wirtualnym otoczeniu.

Najprostszą formą rzeczywistości wirtualnej jest obraz 3D, który użytkownik może eksplorować interaktywnie z komputera osobistego, zwykle przez manipulowanie specjalnymi urządzeniami lub zwykłą myszką komputerową. Zaawansowane systemy VR składają się z okrągłych ekranów, pomieszczeń do rzeczywistości rozszerzonej, komputerów przenośnych, urządzeń dotykowych, joysticków. Rzeczywistość wirtualną możemy rozwinąć do rzeczywistości rozszerzonej, na przykład poprzez dodanie do wirtualnego świata takich elementów rzeczywistych, jak wideo na żywo. Prosty system rzeczywistości rozszerzonej składa się z kamery, jednostki obliczeniowej i wyświetlacza. Kamera rejestruje obraz, a następnie system powiększa wirtualnie obiekty na górze obrazu i wyświetla wynik. Jest to przykład użycia zwykłego komputera i kamery.

Kompletny system AR wymaga co najmniej trzech komponentów: komponentu śledzenia, komponentu rejestracji i komponentu wizualizacji. Czwarty element stanowi model przestrzenny (tj. baza danych), który przechowuje informacje o świecie rzeczywistym i świecie wirtualnym. Model świata rzeczywistego musi służyć jako punkt odniesienia dla komponentu śledzącego, który musi określać lokalizację użytkownika w świecie rzeczywistym. Model świata wirtualnego składa się z treści użytej do rozszerzenia. Obie części modelu przestrzennego muszą być zarejestrowane w tym samym układzie współrzędnych⁴¹.

Można dokonać różnych klasyfikacji systemów rzeczywistości rozszerzonej, podobnie jak w przypadku systemów wirtualnej rzeczywistości, koncentrując się na sprzeczności systemu AR (np. rodzaj systemu śledzenia), podejściach do wizualizacji (przezroczyste, mieszane wideo), odległości roboczej (wewnątrz, na zewnątrz) lub komunikacji (bezprowodowa, przewodowa). Najbardziej znana klasyfikacja związana jest z podejściem do wizualizacji, czyli ze sposobem dostarczania kombinacji obrazu użytkownikowi. Schemat kontinuum rzeczywistość–wirtualność pokazuje te dwie bardzo ogólne klasy systemów AR, tj. optyczne prześwitywanie i mieszane wideo. Mogą one mieć kilka wariantów w zależności od tego, gdzie obrazy (obiekty) są wizualizowane: albo na ekranie monitora, albo w ramach HMD. Klasyfikację urządzeń do rzeczywistości rozszerzonej można przedstawić następująco⁴²:

- *Mobile Augmented Reality (MAR)* – mobilne systemy rzeczywistości rozszerzonej, zwane też *Hand-Held Displays (HHD)*,
- *Head-Mounted Display (HMD)* – wizjery optyczne wykorzystujące rzeczywistość rozszerzoną,
- *Head-Mounted Projective Display (HMPD)* – wizjery optyczne wykorzystujące rzeczywistość rozszerzoną,

⁴¹ D. Schmalstieg, T. Höllerer, *Augmented reality. Principles and practice*, Addison-Wesley Professional, Boston 2016, s. 4.

⁴² D.S. Zlatanova, *Augmented reality technology*, GISt Report no. 17 Delft, December 2002, s. 13.

- *Virtual Retinal Displays (VRD)*,
- *Spatial Augmented Reality (SAR)* – przestrzenne systemy rzeczywistości rozszerzonej,
- *Augmented Smart Glasses* – okulary wykorzystujące systemy rzeczywistości rozszerzonej,
- *Augmented Lenses* – soczewki wykorzystujące rzeczywistość rozszerzoną.

Mobilna rzeczywistość rozszerzona (MAR) to względnie nowa, rozwijająca się w dzisiejszym świecie technologia. MAR można rozumieć jako technologię, która łączy wirtualne i nakładane informacje, takie jak tekst, obrazy, klipy wideo, dźwięki i modele 3D, z obiektami ze świata rzeczywistego. Podstawową ideą MAR jest uzupełnianie obiektów świata rzeczywistego informacjami cyfrowymi. Na przykład połączenie informacji z wirtualnego i rzeczywistego świata za pomocą aparatu w smartfonie zwiększa percepcję użytkownika⁴³. Intensywność treści wirtualnych i ich wpływ na widok użytkownika mobilnego determinują rzeczywistość lub wirtualność w przypadku intensywnej grafiki zmieniającej oryginalny widok użytkownika mobilnego. „Rzeczywistość rzeczywista” to środowisko użytkownika doświadczane bez użycia jakiegokolwiek urządzenia, podczas gdy rzeczywistość wirtualna to rzeczywistość, której doświadczają użytkownicy, niezwiązana z ich środowiskiem i całkowicie generowana przez komputer⁴⁴. Rozwój technologii mobilnych poprzez wbudowanie kamer, czujników, zasobów obliczeniowych i mobilne przetwarzanie w chmurze umożliwiły zastosowanie AR na urządzeniach mobilnych. Postępy w zakresie interfejsów interakcji człowieka z komputerem, mobilnego przetwarzania, mobilnego przetwarzania w chmurze, rozumienia scenerii, wizji komputerowej, buforowania sieci i komunikacji między urządzeniami pozwoliły nowym użytkownikom na doświadczenia, które poprawiają sposób, w jaki zdobywamy, współdziałamy i wyświetlamy informacje w otaczającym nas świecie. Jesteśmy teraz w stanie mieszać informacje z naszych zmysłów i urządzeń mobilnych na niezliczone sposoby, które wcześniej nie były możliwe. Skuteczny system MAR powinien ułatwiać użytkownikom skupienie się na aplikacji, a nie na jej wdrażaniu. W ostatnich latach opracowano wiele aplikacji MAR specyficznych dla turystyki, kultury i edukacji. Aktualnie notuje się duże zainteresowanie grami MAR⁴⁵.

Wizjery optyczne typu HMD, które zyskały dużą popularność po boomie na aplikacje wirtualnej rzeczywistości (VR)/rozszerzonej rzeczywistości (AR), są urządzeniem wyświetlającym, które użytkownik nosi na głowie jak kask zastosowany do obsługi samolotów bojowych. Wyświetlacz zamontowany na hełmie pokazuje świadomość sytuacyjną,

⁴³ A.N. Mohamad, N.N. Bakri, M.S. Shahibi, S.A. Noordin, S.A. Rahman, T.A.T. Izhar, M.. Baharuddin, *Conceptualising mobile augmented reality (MAR) and e-learning to enhance library wayfinding*, „Advanced Science Letters”, 23(5)/2017, s. 4136-4137.

⁴⁴ H.Y. Chang, H.K. Wu, Y.S.H, *Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of socioscientific issue*, „British Journal of Educational Technology”, 44(3)/2013, s. 95-99.

⁴⁵ D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang, P. Hui, *Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go*, „IEEE Access”, 5/2017, s. 6917-6919.

a walczący pilot może kontrolować broń zgodnie z kierunkiem ruchu głową. Większość HMD opiera się na stereoskopowej technice wyświetlania 3D. Technika stereoskopowa jest prostym sposobem wyświetlania obrazów 3D za pomocą obuocznych sygnałów w ramach ludzkiej percepcji wzrokowej, biorąc pod uwagę odległość między ludzkimi oczami. Zapewnia to nieco inne podwójne obrazy dwuwymiarowe (2D) odpowiednio dla lewego i prawego oka i gwarantuje, że każde oko otrzyma odpowiedni obraz tylko dzięki zastosowaniu specjalnych okularów. Następnie oba obrazy 2D są łączone w mózgu, aby uzyskać wrażenie głębi 3D⁴⁶. Ogólna struktura typowego HMD polega na tym, że dla każdego oka są zainstalowane dwa mikrowyświetlacze, soczewki i półprzezroczyste lustra lub pryzmaty. Niektóre HMD mają pojedynczy mikrowyświetlacz i soczewkę dla jednego oka – struktura ta nosi nazwę monokularu HMD (typowy HMD jest określany jako lornetka). Obecnie HMD typu lornetkowego stosuje się zwykle w aplikacjach opartych na VR, a HMD typu monokularowego – głównie w aplikacjach AR. Ponadto wyświetlacze mogą być przezroczyste lub nieprzezroczyste. Nakładanie obrazów na „normalne” widzenie można wykonać na dwa sposoby: albo za pomocą przezroczystych wyświetlaczy wideo (VST) lub przezroczystych wyświetlaczy optycznych (OST)⁴⁷.

Optyka HMPD składa się z dwóch mikrowyświetlaczy, z których każdy jest powiązany z każdym okiem, oraz powiązanej optyki projekcyjnej, prowadzącej rzutowane obrazy w stronę materiału odbłaskowego. Właściwością optyczną takiego materiału jest odbijanie światła wstecz w kierunku jego źródła lub równoważnie oczu użytkownika w konfiguracji optycznej, biorąc pod uwagę, że położenie oczu użytkownika jest skoniungowane z położeniem opuszczonej soczewki optyki za pomocą rozdzielacza wiązki⁴⁸. Dlatego istnieją dwa unikalne elementy optyczne: optyka projekcyjna zamiast optyki okularowej stosowanej w konwencjonalnych HMD oraz materiał odbłaskowy strategicznie umieszczony w otoczeniu, a nie ekran rozpraszający, przeważnie stosowany w projekcji systemów odróżniających technologię HMPD od konwencjonalnych HMD i stereoskopowych wyświetlaczy projekcyjnych, takich jak CAVE. W związku z tym można powiedzieć, że wyświetlacze projekcyjne HMPD leżą na granicy między konwencjonalnymi HMD a wyświetlaczami projekcyjnymi podobnymi do rozwiązań CAVE⁴⁹. Wyświetlacz projekcyjny typu HMPD montowany na głowie, jako alternatywa dla konwencjonalnego wyświetlacza montowanego na głowie (HMD), cieszył się w ostatnich latach dużym zainteresowaniem, ponieważ daje możliwość zaprojektowania szerokiego pola widzenia, małego

⁴⁶ M.U. Erdenebat, Y.T. Lim, K.Ch. Kwon, N. Darkhanbaatar, N. Kim, *Waveguide-type head-mounted display system for AR application*, [w:] N. Mohamudally (red.), *State of the art virtual reality and augmented reality knowhow*, IntechOpen, 2018, s. 42-43.

⁴⁷ H. Kaufmann, M. Csisinko, *Multiple head mounted displays in virtual and augmented reality applications*, "The International Journal of Virtual Reality", 6(2)/2007, s. 43-44.

⁴⁸ H. Hua, C. Gao, *A polarized head-mounted projective displays*, Proceedings of 2005 IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, October 2005, s. 32-35.

⁴⁹ J.P. Rolland, F. Biocca, F. Hamza-Lup, Y. Ha, R. Martins, *Development of head-mounted projection displays for distributed, collaborative, augmented reality applications*, "Presence: Virtual and Augmented Reality", 14(5)/2005, s. 528-529.

zniekształcania obrazu i ergonomicznie kompaktowego, przezroczystego wyświetlacza optycznego montowanego na głowie (OST-HMD). Jednak podobnie jak większość OST-HMD, jednym z czynników ograniczających technologię HMPD jest jej niska jasność i kontrast obrazu, co ogranicza możliwość zastosowania takich informacji w środowisku zewnętrznym lub w dobrze oświetlonym pomieszczeniu, na przykład sali operacyjnej⁵⁰. Ze względu na wielokrotne rozszczepienie wiązki przez rozdzielacz wiązki i niski współczynnik odbłaskowości typowych materiałów odbłaskowych ogólna wydajność HMPD wynosi około 4%. Na przykład w miniaturowym podświetlanym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym z matrycą aktywną jako źródłem obrazu luminancję obserwowanego obrazu szacuje się na 4 cd/m², podczas gdy średnia luminancja w dobrze oświetlonym pomieszczeniu wynosi ponad 100 cd/m². W rezultacie obraz o niskiej jasności wyświetlany w tak dobrze oświetlonym otoczeniu za pomocą HMPD będzie wyglądał na wypłukany. W rzeczywistości większość przezroczystych optycznych HMD, w tym HMPD, zazwyczaj działa w warunkach przyziemnego oświetlenia.

Kolejne urządzenie w ramach rzeczywistości rozszerzonej to *Virtual Retinal Displays*. Technologie rzeczywistości wirtualnej (VR) i rzeczywistości rozszerzonej (AR) stanowią nowy paradygmat wizualnej interakcji ze środowiskiem graficznym. Funkcjami VR są interaktywność i zanurzenie. Aby je uzyskać, niezbędny jest wyświetlacz o wysokiej rozdzielczości i szerokim polu widzenia. W przypadku AR wizualny wyświetlacz pozwala na łatwe oglądanie prawdziwego świata, z możliwością nałożenia grafiki komputerowej. Obecne technologie wyświetlania wymagają kompromisów uniemożliwiających pełne wdrożenie VR i AR. Stworzono nową technologię wyświetlania – wirtualny wyświetlacz siatkówki (VRD), mający funkcje, które można zoptymalizować pod kątem interfejsów komputer–człowiek. VRD to wizualne urządzenie wyświetlające zeskanowane wiązki światła. Zamiast oglądać obraz na ekranie, użytkownik skanuje go bezpośrednio do oka. Bardzo mała plamka skupia się na siatkówce i jest przesuwana po niej rastrowo. VRD zużywa bardzo małą moc, a jednak może być bardzo jasny⁵¹. Źródła laserowe, stosowane w VRD, mogą wytwarzać obrazy przekraczające jasność i kontrast konwencjonalnych wyświetlaczy. Ponieważ zeskanowana wiązka laserowa jest w stanie intensywnie wykraçać poza to, co jest bezpieczne dla ludzkiego oka, VRD zaprojektowano w celu uzyskania obrazów na bezpiecznych poziomach, znacznie poniżej maksymalnych dopuszczalnych poziomów ekspozycji określonych przez normy. Zdolność wyświetlacza do generowania jasnych obrazów jest ważna w razie słabego widzenia⁵².

⁵⁰ H. Hua, C. Gao, *Design of a bright polarized head-mounted projection display*, "Applied Optics", 46(14)/2007, s. 2600-2610.

⁵¹ E. Viirre, H. Pryor, S. Nagata, T. A. Furness, *The virtual retinal display: A New technology for virtual reality and augmented vision in medicine*, Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality, San Diego, California, USA 1998, s. 252-257.

⁵² C.P. Kleweno, E.J. Seibel, E.S. Viirre, J.P. Kelly, T.A. Furness III, *The virtual retinal display as a low-vision computer interface: A pilot study*, "Journal of Rehabilitation Research and Development", 38(4)/2001, s. 432.

Przestrzenne systemy rzeczywistości rozszerzonej w przeciwieństwie do wyświetlaczy przymocowanych do ciała (do głowy) lub trzymanyh w dłoni odłączają większość technologii od użytkownika i integrują go z otoczeniem. Wyróżnia się trzy podejścia, które różnią się głównie sposobem, w jaki rozszerzają środowisko – wykorzystując przezroczyste wideo, optyczne lub bezpośrednie rozszerzenie. Pierwszym jest rzeczywistość rozszerzona opierająca się na ekranie, czasami określana jako okno na świat. Takie systemy wykorzystują mieszane wideo i wyświetlają połączone obrazy na zwykłym monitorze. Drugim są optyczne przezroczyste wyświetlacze przestrzenne, których atuty stanowią łatwiejsze dostosowanie oka i wergencja, wyższa i skalowalna rozdzielczość oraz pole widzenia, ulepszone czynniki ergonomiczne, łatwiejsza i bardziej stabilna kalibracja oraz lepiej kontrolowane środowisko (np. śledzenie, oświetlenie). Może to prowadzić do bardziej realistycznych rozszerzonych środowisk. Trzecim są zaś wyświetlacze przestrzenne oparte na projektorze, wykorzystujące projekcję przednią, aby płynnie wyświetlać obrazy bezpośrednio na powierzchniach fizycznych obiektów, zamiast wyświetlać je na płaszczyźnie obrazu (lub powierzchni) gdzieś w polu widzenia widza. Projektory jednostatyczne lub sterowalne i wielokrotne służą do zwiększenia potencjalnego obszaru wyświetlania i poprawy jakości obrazu⁵³. SAR może zmaksymalizować zanurzenie użytkownika w bardziej rozwiniętej rzeczywistości rozszerzonej, wyświetlając różnorodne informacje połączone z wirtualną treścią na obiektach świata rzeczywistego⁵⁴. SAR to także mapowanie projekcji, ponieważ zwiększa zawartość poprzez rzutowanie projektora na rzeczywisty obiekt⁵⁵. Autor monografii uważa, że spośród kilku sposobów tworzenia rozszerzenia przestrzennego jednym z najbardziej obiecujących jest użycie projektorów do malowania jasnych tekstur na obiektach fizycznych. Mimo ograniczeń, takich jak potrzeba odpowiedniego oświetlenia, odpowiedniej właściwości odbicia powierzchni odbierających projekcje oraz śledzenie użytkownika, jeśli projekcja przedstawia perspektywę 3D zamiast prostych tekstur 2D, technika ta może być nadal wykorzystywana w wielu innowacyjnych zastosowaniach SAR⁵⁶.

Inteligentne okulary do rzeczywistości rozszerzonej, zdefiniowane jako poręczna rzeczywistość rozszerzona (AR), są noszone jak zwykłe okulary. Łączą one informacje wirtualne z informacjami fizycznymi w polu widzenia użytkownika⁵⁷. Inteligentne okulary są zwykle użytkowane jak okulary lub są urządzeniami montowanymi na zwykłych

⁵³ O. Bimber, R. Raskar, *Spatial augmented reality merging real and virtual worlds*, AK Peters, Ltd., 2004, s. 83-84.

⁵⁴ M. Mengoni, S. Ceccacci, A. Generosi, A. Leopardi, *Spatial augmented reality: An application for human work in smart manufacturing environment*, 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018), s. 3-5.

⁵⁵ M. Park, K.J. Lim, M.K. Seo, S.J. Jung, K.H. Lee, *Spatial augmented reality for product appearance design evaluation*, "Journal of Computational Design and Engineering", 2/2015, s. 38-45.

⁵⁶ F.R. de Miranda, R. Tori, C.E.S. Bueno, L.P. Trias, *Designing and implementing an spatial augmented reality x-Ray*, "RITA", 15(3)/2008, s. 47-74.

⁵⁷ B. Bułata, K. Tereszkiwicz, *Rzeczywistość rozszerzona – innowacyjna technologia XXI wieku*, „Logistyka”, 4/2015, s. 2705.

okularach. Takie technologie, jak np. kamera, GPS, mikrofony, przechwytyują informacje fizyczne i rozszerzają je o informacje wirtualne, które można pobierać z Internetu i/ lub przechowywać w pamięci inteligentnych okularów, przede wszystkim poprzez lokalizację, obiekt, twarz i technologie rozpoznawania obrazów. Te wirtualne informacje są następnie pokazywane w czasie rzeczywistym na wyświetlaczu (plastikowym ekranie umieszczonym przed oczami użytkownika). Użytkownik za pośrednictwem tych wyświetlaczy może zobaczyć *offline* świat zarówno wirtualny, jak i rzeczywisty. Użytkownik inteligentnych okularów widzi ekran niezależnie od swojej pozycji. Okulary dają mu możliwości technologiczne i informacyjne, takie jak łączenie się z Internetem, wysyłanie wiadomości, robienie zdjęć i filmów, wyszukiwanie lokalizacji i uruchamianie aplikacji mobilnych. Znanymi przykładami inteligentnych okularów są Microsoft Hololens lub Google Glass⁵⁸. Inteligentne okulary różnią się od innych technologii mobilnych i poręcznych. Najważniejszą różnicą jest to, że w czasie użytkowania łączą one wirtualne i fizyczne informacje, a nie zapewniają dostępu jedynie do wirtualnej rzeczywistości. Istniejące urządzenia do noszenia, takie jak inteligentne zegarki lub okulary rzeczywistości wirtualnej, nie składają się z żadnych elementów rzeczywistości rozszerzonej. Wiele dostępnych technologii AR ma charakter stacjonarny, zaliczamy do nich lustra lub ekrany AR. Ponadto aplikacje AR, które mogą być używane na smartfonach lub tabletach, muszą być aktywnie kontrolowane przez użytkownika, podczas gdy inteligentne okulary działają zasadniczo autonomicznie i mogą być kontrolowane za pomocą poleceń głosowych⁵⁹. Zdaniem autora inteligentne okulary i urządzenia rzeczywistości rozszerzonej mogą ulepszyć, a nawet zastąpić istniejące rozwiązania technologiczne w łańcuchach dostaw przedsiębiorstw, a niekiedy – nawet zmienić samą strukturę środowiska pracy. Firmy wdrażające rozszerzoną rzeczywistość w programach pilotażowych *Smart Glasses* już teraz demonstrują przypadki użycia, które prowadzą do wzrostu wydajności, produktywności i zgodności w miejscu pracy. Warto podkreślić, że ich liczba będzie rosła wraz z rozwojem technologii. Początkowe wdrożenie rozwiązania będzie oparte na funkcjach logistycznych, konserwacyjnych i montażowych, ale w miarę jego popularności firmy będą mogły swobodniej eksperymentować z technologią w różnych środowiskach. Choć inteligentne okulary mogą być bardzo przydatne w wielu obszarach zastosowań (konserwacja techniczna, edukacja, budownictwo itp.), to jednak ich użycie budzić może kontrowersje. Uważa się bowiem, że wykazują one duży potencjał do przetwarzania prywatności – czujniki w nich zamontowane mogą rejestrować informacje o środowisku, w tym strumieniu wideo pola widzenia użytkownika, nagrania audio i dane lokalizacji. Ponadto inteligentne okulary mogą umożliwiać użytkownikom przetwarzanie niewidzialnych danych osobowych innych osób, takich jak identyfikatory

⁵⁸ P.A. Rauschnabel, A. Brem, Y.K. Ro, *Augmented reality smart glasses: Definition, conceptual insights, and managerial importance*, [w:] T. Jung, M.C. tom Dieck, *Augmented reality and virtual reality. Empowering human, place and business*, Springer International, 2018, s. 172-174.

⁵⁹ P.A. Rauschnabel, Y.K. Ro, *Augmented reality smart glasses: An investigation of technology acceptance drivers*, "International Journal of Technology Marketing", 11(2)/2016, s. 123-125.

urządzeń, które urządzenia emitują regularnie w postaci sygnałów radiowych Wi-Fi lub bluetooth. Aby zminimalizować obawy związane z naruszeniem prywatności, niektórzy producenci (np. Google) ogłosili, że nie będą tworzyć aplikacji do rozpoznawania twarzy, jednak zaprojektowanie takich aplikacji przez innych programistów może być kwestią czasu. Inteligentne okulary mogą wprowadzić istotne zmiany w społeczeństwie, a także w organizacjach. Postęp technologiczny, jak każda poważna zmiana, wymaga strategicznego podejścia, by rozpocząć jej pełne wdrażanie, to zaś będzie wymagało przeobrażeń kultury w kierunku innowacji, otwartości i współpracy. Rozwój inteligentnych okularów może być jednak ograniczony. Z technologicznego punktu widzenia kluczowe są szczególnie krótki czas działania baterii, ograniczona liczba aplikacji i brak wszechobecnego szybkiego łącza internetowego. Jest prawdopodobne, że dalszy rozwój technologii usunie te bariery.

Rzeczywistość rozszerzona to technologia, która może poprawić nasze postrzeganie rzeczywistego świata, jednocześnie wspierając namacalną interakcję za pomocą śledzonych narzędzi. Wzmocnienie wizualne i rozbudowana interakcja to główne zadanie soczewek wykorzystujących rzeczywistość rozszerzoną. Podejmowane są działania zmierzające do przekształcenia konwencjonalnych soczewek w funkcjonalny system AR. W małej soczewce kontaktowej mają się znaleźć wyświetlacz, kamera, kilka czujników oraz antena. Będzie ją można sparować ze smartfonem bądź innym urządzeniem do odbioru i przetwarzania danych. Przewagą inteligentnych soczewek ma stanowić lepsza jakość obrazu i kąty widzenia większe niż w inteligentnych okularach. To rozwiązanie ma pozytywnie wpłynąć na odbiór rozszerzonej rzeczywistości. Urządzenie peryferyjne zawiera antenę, przez którą informacje mogą być przesyłane do lub z urządzenia zewnętrznego, kondensator skonfigurowany do zasilania jednostki wyświetlającej i urządzenia peryferyjnego, jednostkę sterującą skonfigurowaną do sterowania operacjami jednostki wyświetlającej i urządzenia peryferyjnego, czujnik ruchu skonfigurowany do wykrywania ruchu inteligentnej soczewki kontaktowej oraz kamerę cienkowarstwową. Wyświetlacz może być umieszczony w inteligentnej soczewce kontaktowej lub na jej powierzchni, zaś obszar wyświetlania może być regulowany. Dlatego pole widzenia takiej soczewki może być znacznie większe niż w inteligentnych okularach projekcyjnych, takich jak Google Glass. W rezultacie inteligentna soczewka kontaktowa może być bardziej przydatna podczas korzystania z rzeczywistości rozszerzonej.

Systemy AR powinny być definiowane jedynie jako przezroczyste wyświetlacze (tzn. powinny umożliwiać obserwowanie prawdziwego świata). Jednak w wielu laboratoriach wykorzystuje się mieszkankę rzeczywistych obrazów wideo i wirtualnych ramek. W takich sytuacjach używa się terminu „rzeczywistość rozszerzona”, ponieważ świat rzeczywisty jest wzbogacony o informacje wirtualne, co zdaniem autora prezentowanej monografii jest nazewnictwem poprawnym, ponieważ dochodzi do aktu wzbogacenia środowiska rzeczywistego.

Podczas gdy rzeczywistość wirtualna zastępuje świat rzeczywisty i jest przydatna do przede wszystkim wszelkiego rodzaju symulacji, treningów, gier czy interakcji ze światem

wirtualnym, rzeczywistość rozszerzona poprawia, wzbogaca i rozszerza świat rzeczywisty, a także umożliwia z nim zawansowaną interakcję. Rzeczywistość rozszerzona jest trudniejsza w implementacji niż rzeczywistość wirtualna właśnie ze względu na aspekt interakcji między światem rzeczywistym a wirtualnym. Zdaniem autora niniejszej pracy największą różnicą, a zarazem przewagą rzeczywistości rozszerzonej nad rzeczywistością wirtualną jest fakt, że użytkownik AR nie jest niczym skrępowany, w tym samym czasie może przebywać i wykonywać czynności w świecie rzeczywistym i zarazem odbierać różnego rodzaju wirtualnie, komputerowo generowane wskazówki. Mimo że użytkownik rzeczywistości wirtualnej poprzez zanurzenie w świecie wirtualnym bez względu na stopień immersji jest tak naprawdę ograniczony w działaniu, rzeczywistość rozszerzona jako system łączący w sobie świat realny oraz rzeczywistość wirtualną, interaktywną w czasie rzeczywistym umożliwia mu swobodę ruchów w trzech wymiarach. Rzeczywistość rozszerzona nie tworzy nowego, w pełni wirtualnego, trójwymiarowego świata, lecz uzupełnia świat rzeczywisty (który nie ulega zmianie) o nowe obrazy lub informacje (o wirtualną powłokę).

Integracja obiektów fizycznych i wirtualnych nie zawsze jest łatwa. Rzeczywistość rozszerzona może bowiem tworzyć i rozwiązywać problemy. Bardzo dobrym tego przykładem jest usuwanie informacji: usuwanie śladów ołówka na papierze jest łatwe i jednoznaczne. Podobnie w większości tekstów *online* ich edytowanie i kasowanie to nieskomplikowane dla użytkownika zadania. Problem może pojawić się w sytuacji, w której tekst zostanie usunięty na papierze, ale środowisko komputerowe nie wykryje zmiany, kiedy to komputer usunie informacje, ale pozostaną one fizycznie nieusunięte na papierze. Aplikacje działające w ramach rzeczywistości rozszerzonej łączą obiekty elektroniczne i fizyczne. Gdy metody interakcji z nimi nie są zsynchronizowane, wynik może być mylący i wprowadzać użytkownika w błąd⁶⁰.

Zdaniem autora najbardziej innowacyjnym aspektem rzeczywistości rozszerzonej nie jest technologia – jest nim cel. Zamiast zastępować fizyczne obiekty, tworzy się systemy, które pozwalają ludziom wchodzić w interakcje ze światem rzeczywistym w naturalny sposób i jednocześnie korzystać ze zwiększonych możliwości z komputera. Co więcej, technologia rzeczywistości rozszerzonej w pewnym sensie zwiększa naszą kontrolę nad światem, który postrzegamy, czyniąc to ponad formę i zakres naszej percepcji. Systemy rzeczywistości rozszerzonej mają na celu zwiększenie tej kontroli i zachęcają do jeszcze większej kontroli.

Jak pokazuje duża liczba nowych aplikacji do rzeczywistości rozszerzonej, które pojawiają się codziennie w tak różnorodnych dziedzinach, jak robotyka, inżynieria, edukacja, rozrywka, produkcja, medycyna, archeologia, turystyka, modelowanie wojskowe lub miejskie, zasoby technologiczne pozwalają na to, by użytkownicy przesyłali wiele

⁶⁰ W.E. Mackay, *Augmented reality: Linking real and virtual worlds. A new paradigm for interacting with computers*, Proceedings of AVI'98, ACM Conference on Advanced Visual Interfaces, New York: ACM Press, 1998, s. 13-21.

informacji, ale także prezentują sposób, w jaki takie informacje mogą być stosowane w różnych sytuacjach. Rzeczywistość rozszerzona obejmuje zatem jakościową zmianę informacji, obsługę i tworzenie wiedzy. Prawdą jest, że ostatnie lata przyniosły wiele zmian technologicznych o charakterze ilościowym, takich jak wzrost łączności mobilnej i większa przepustowość łączy. Rzeczywistość rozszerzona pociąga za sobą rewolucję prezentacji informacji. Technologia wirtualnej rzeczywistości osiągnęła już znaczny postęp przez całkowite zanurzenie użytkownika w syntetycznym środowisku, takie, w którym użytkownik nie dostrzega wokół siebie prawdziwego świata. Jednak to informacje dostarczone przez rzeczywistość rozszerzoną – a często także zastosowanie takich informacji – są dodane do naszego postrzegania prawdziwego świata i to właśnie stanowi prawdziwą rewolucję⁶¹. Każde z opisanych urządzeń daje możliwości tworzenia nowych interfejsów dla użytkownika, które zacierają granicę między światem fizycznym i cyfrowym.

2.4. Obszary zastosowania technologii rzeczywistości rozszerzonej

Obrazy fizycznego świata rejestrowane przez kamerę zostają zsynchronizowane z komputerowymi grafikami i animacjami 3D. Odbywa się to tak, abyśmy mieli poczucie jedności tych dwóch sfer. W odróżnieniu od rzeczywistości wirtualnej, która zanurzając użytkownika w trójwymiarową symulację, odrywa go od fizycznego świata, rzeczywistość rozszerzona płynnie łączy te dwa równoległe porządki. Obszar wykorzystania technologii rzeczywistości rozszerzonej jest bardzo szeroki. To właśnie skuteczna symulacja przed rzeczywistą operacją zagwarantuje, że można ją przeprowadzić od razu po raz pierwszy, eliminując tym samym wiele prób i przeróbek, nadmierne zużycie materiałów, energii i pracy⁶². Ważną cechą rzeczywistości rozszerzonej jest to, że nie służy ona wyłącznie rozrywce – wręcz przeciwnie, przyjęła się również w biznesie, otwierając zupełnie nowe możliwości – nasza kreatywność jest tutaj jedynym ograniczeniem⁶³. Podczas pracy nad niniejszą monografią według dostępnych źródeł zostało zidentyfikowanych ponad 15 różnych obszarów zastosowań AR. Obejmują one dobrze znane domeny, takie jak: medycyna, wojsko, produkcja, logistyka, rozrywka, wizualizacja, robotyka, szkolenia, edukacja, marketing, geoprzestrzenność, nawigacja i planowanie, turystyka, urbanistyka i inżynieria lądowa.

⁶¹ J.M. Ariso, *Is critical thinking particularly necessary when using augmented reality in knowledge society? An introductory paradox*, [w:] J.M. Ariso, *Augmented reality*, Walter de Gruyter GmbH, Berlin-Boston 2017, s. 4-6.

⁶² L. Rentzos, S. Papanastasiou, N. Papakostas, G. Chryssoulouris, *Augmented reality for human-based assembly: Using product and process semantics*, 12-th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human – Machine Systems, Las Vegas 2013, s. 98.

⁶³ J. White, D.C. Shimdt, M. Golparvar-Fard, *Applications of augmented reality*, "Proceedings of the IEEE", 102(2)/2014, s. 120-123.

Technologia obrazowania jest w medycynie tak wszechobecna, że ta dziedzina jest postrzegana jako jedna z ważniejszych dla systemów rzeczywistości rozszerzonej. Większość jej zastosowań medycznych dotyczy chirurgii z wykorzystaniem obrazu. Przedoperacyjne badania obrazowe pacjenta, takie jak tomografia komputerowa lub MRI (obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego), zapewniają chirurgowi niezbędny widok anatomii wewnętrznej. Na podstawie takich zdjęć jest planowana operacja. Wizualizacja ścieżki poprzez anatomię dotkniętego narzędziem obszaru (na przykład guza, który musi zostać usunięty) odbywa się najpierw przez utworzenie modelu 3D z wielu widoków i przekrojów w badaniu przedoperacyjnym. Model jest następnie rzutowany na powierzchnię docelową, aby pomóc w zabiegu chirurgicznym⁶⁴.

W projekcie „Autism Glass” realizowanym w szkole medycznej Uniwersytetu Stanforda wykorzystuje się technologię Google Glass AR do leczenia autyzmu, aby pomóc dzieciom z tą chorobą odczytywać mimikę twarzy innych. Dzieci noszące okulary pomagające im interpretować emocje rozwijają relacje społeczne, jak to robią ludzie niebędący w spektrum autyzmu⁶⁵. Można mieć nadzieję, że użytkownicy Google Glass będą w stanie wchodzić w prawidłowe interakcje społeczne nawet po zdjęciu okularów.

Technologia AR znajduje także zastosowanie w leczeniu bólu fantomowego⁶⁶ u pacjentów, którzy odczuwają ból w amputowanej kończynie⁶⁷. Technologia AR pozwala pacjentom po amputacji zobaczyć na ekranie wirtualną kończynę, gdy nią poruszają. Amputowana kończyna jest wirtualnie zobrazowana w celu aktywacji i umożliwienia pacjentowi jej kontrolowania, co przynosi efekt terapeutyczny⁶⁸.

Mający cienkie żyły pacjenci w podeszłym wieku, a także niemowlęta również korzystają z omawianej technologii. Firma Evena opracowała bowiem rozwiązanie AR polegające za tym, że za pośrednictwem inteligentnych okularów jest generowana mapa żył, dzięki której są one lepiej widoczne, co znacznie ułatwia pobieranie krwi i przyspiesza badanie, a pacjenci nie są narażeni na niepotrzebny stres⁶⁹.

⁶⁴ R. Silva, J.C. Oliveira, G.A. Giralaldi, *op. cit.*, s. 2.

⁶⁵ C. Voss, T. Winograd, D.P. Wall, P. Washington, N. Haber, A. Kline, J. Daniels, A. Fazel, T. De, B. McCarthy, C. Feinstein, *Superpower glass: Delivering unobtrusive real-time social cues in wearable systems*, Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, s. 1218-1226.

⁶⁶ M. Osumi, A. Ichinose, M. Sumitani, N. Wake, Y. Sano, A. Yozu, S. Kumagaya, Y. Kuniyoshi, S. Morioka, *Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorehabilitation with a virtual reality system*, „Eur J Pain”, 21/2017, s. 140-147.

⁶⁷ S.R. Weeks, V.C. Anderson-Barnes, J.W. Tsao, *Phantom limb pain: Theories and therapies*, „Neurologist”, 16/2010, s. 277-286.

⁶⁸ M. Ortiz-Catalan, R.A. Gudmundsdottir, M.B. Kristoffersen, A.Z. Echavarria, K. Caine-Winterberger, K. Kulbacka-Ortiz, C. Widehammar, K. Eriksson, A. Stockselius, Ch. Ragnö, Z. Pihlar, H. Burger, L.M. Hermansson, *Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: A single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain*, „The Lancet”, 388/2016, s. 2885-2894.

⁶⁹ D.V. Deolekar, P.M. Deshmukh, *Case study of augmented reality applications in medical field*, „International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)”, 2(4)/2018, s. 2693.

Niezależnie od tego, czy wojna się zmienia, czy nie, zmianie ulegają metody i narzędzia, których się podczas niej używa. Operacje wojskowe na obszarach miejskich stały się w ostatnich latach bardziej powszechne i będą w nich prowadzone w przyszłości. Teren miejski stanowi złożone i wymagające pole bitwy, zarówno dla wojsk zmotoryzowanych, jak i dla piechoty. Świadomość sytuacyjna (SA) jest ważną umiejętnością żołnierzy, którzy muszą śledzić przeszłe i aktualne wydarzenia na polu bitwy, a także przewidywać przyszłe przyjazne i wrogie pozycje. Jej brak może oznaczać nie tylko przegraną, ale także utratę życia⁷⁰. W wielu programach badawczych analizowano sposoby, za pomocą których nawigacja i koordynacja informacji mogą być przekazywane żołnierzom. System mobilnej rzeczywistości rozszerzonej składa się z komputera, systemu śledzenia i przezroczystego HMD. System śledzi pozycję i orientację głowy użytkownika oraz nakłada grafikę i adnotacje, które są wyrównane z rzeczywistymi obiektami w polu jego widzenia⁷¹. Dzięki takiemu podejściu skomplikowane informacje przestrzenne mogą być bezpośrednio dostosowane do otoczenia. Nazwa budynku może pojawiać się jako „wirtualny słupek znaków” przymocowany bezpośrednio na boku budynku. Aby zbadać wykonalność takiego systemu, Naval Research Laboratory (NRL) opracowuje prototypowy system rozszerzonej rzeczywistości, znany jako BARS (Battlefield Augmented Reality System), który ma połączyć w sieć wielu mobilnych użytkowników zewnętrznych i centrum dowodzenia⁷². Systemy tworzone na zamówienie integrują prawdziwe środowisko z zaawansowanymi technologiami wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, zapewniając innowacyjne i aktualne rozwiązania szkoleniowe dla wojska. Dodatkowo wojsko często wykorzystuje aplikacje rozszerzonej rzeczywistości jako terapię dla weteranów wojskowych dotkniętych PTSD (zespołem stresu pourazowego), klasyfikowanym jako zaburzenie lękowe – jego charakterystyczne objawy nie występują przed narażeniem na brutalne, traumatyczne zdarzenie, dlatego szkolenia przy użyciu rzeczywistości rozszerzonej są bardzo istotne dla wojska⁷³.

Zagadnienia związane z prawidłowym funkcjonowaniem i ze skuteczną diagnostyką procesów produkcyjnych są ważnym czynnikiem ekonomicznym we współczesnej, uprzemysłowionej gospodarce⁷⁴. Systemy monitorowania i zarządzania urządzeniami

⁷⁰ R. Champney, S.J. Lackey, K. Stanney, S. Quinn, *Augmented reality training of military tasks: Reactions from subject matter experts*, International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality, VAMR 2015: Virtual, Augmented and Mixed Reality, Springer 2015, s. 252-253.

⁷¹ M. Koźlak, A. Kurzeja, A. Nawrat, *Virtual reality technology for military and industry training programs*, [w:] A. Nawrat, Z. Kuś, *Vision based systems for UAV applications*, s. 327-334.

⁷² M.A. Livingston, D. Brown, J.L. Gabbard, L.J. Rosenblum, Y. Baillot, S.J. Julier, J.E. Swan II, D. Hix, *An augmented reality system for military operations in urban terrain*, Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, & Education Conference (I/ITSEC '02), December 2-5, Orlando, FL 2002, s. 2-3.

⁷³ M. Koźlak, A. Kurzeja, A. Nawrat, *Virtual reality simulation technology for military and industry training programs skill improvement and trainings programs*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe”, 2(35)/2014, s. 6-12.

⁷⁴ D. Plinta, L. Dulina, *Kształtowanie systemów produkcyjnych z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom 2*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2018, s. 682-691.

technicznymi są stosowane w małych, średnich i dużych przedsiębiorstwach⁷⁵. ARAM to specjalny podsystem systemu zintegrowanej produkcji komputerowej obejmujący systemy wspomagane rzeczywistością rozszerzoną wszystkich działań związanych z realizacją produkcji produktu (programowanie manipulacji, obrabiarek, urządzeń transportowych i magazynowych, pomiar, testowanie i diagnozowanie części i zmontowanego produktu)⁷⁶. Rzeczywistość rozszerzona może być narzędziem pomocniczym dla techników podczas konserwacji i szkoleń, skracając czas pracy i znacznie zmniejszając prawdopodobieństwo popełniania błędów poprzez wyświetlanie informacji (także w formie animacji) potrzebnych do wykonania zadania. Ponadto zalety technologii rzeczywistości rozszerzonej można wykorzystać w różnych aplikacjach w innych obszarach poza przemysłem produkcyjnym. Warto zwrócić uwagę na potencjalną zdolność tej technologii do pełnienia roli kluczowego narzędzia w edukacji w innych obszarach, w których transfer wiedzy jest niezbędny do pomyślnego wykonania krytycznych zadań. W operacjach produkcji i kontroli jakości rzeczywistość rozszerzona pozwala na dostęp do informacji z dowolną wymaganą częstotliwością⁷⁷: widoczny dzięki AR historyczny zapis próbek pochodzi z kilku godzin lub dni, a nawet kilku tygodni lub miesięcy, co pozwala obserwować tendencje na linii produkcyjnej, nie tylko na jednej maszynie, ale na kilku stanowiskach pracy. Dostęp do aktualnych i dokładnych zebranych danych pomaga w podejmowaniu prawidłowych decyzji. Wirtualne podpowiedzi generowane przez rozwiązania AR w czasie rzeczywistym podczas wymiany narzędzi, przeobrażania linii produkcyjnych, montażu ułatwią pracę, a także poprawią produktywność⁷⁸.

Logistyka, zyskująca na znaczeniu z wielu powodów, jest od dawna uważana za podstawową funkcję wsparcia w różnych sektorach. Jedną z przyczyn zwiększenia jej wagi jest coraz większa istotność rynków wschodzących i globalizacja łańcuchów dostaw, prowadzące do zwiększenia wysiłków regulacyjnych, w szczególności w zakresie zarządzania, a wreszcie zmiany portfolio produktów, które z jednej strony umożliwia nowe podejście bezpośrednie do rynku, zwłaszcza w przypadku specjalności, a z drugiej strony wymaga zróżnicowanych podejść ukierunkowanych na wartość w odniesieniu do

⁷⁵ A. Szajna, J. Szajna, R. Stryjski, M. Sądadek, W. Woźniak, *The application of augmented reality technology in the production processes*, [w:] A. Burduk, E. Chlebus, T. Nowakowski, A. Tubis, *Intelligent systems in production engineering and maintenance*, Springer 2019, s. 316.

⁷⁶ J. Novak-Marcincin, J. Barna, M. Janak, L. Novakova-Marcincinova, *Augmented reality aided manufacturing*, 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, "Procedia Computer Science", 25/2013, s. 25.

⁷⁷ P. Caricato, L. Colizzi, M.G. Gnani, A. Grieco, A. Guerrieri, A. Lanzilotto, *Augmented reality applications in manufacturing: A multi-criteria decision model for performance analysis*, Proceedings of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa, August 24-29, 2014, "IFAC Proceedings Volumes", 47(3)/2014, s. 754-759.

⁷⁸ D. Segovias, M. Mendoza, E. Mendoza, E. González, *Augmented reality as a tool for production and quality monitoring*, 2015 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, "Procedia Computer Science", 75/2015, s. 299.

produktów wartościowych i produktów generycznych, w których koszt logistyki stanowi większy udział w całkowitych kosztach⁷⁹. Pakowanie, przeładunek, przechowywanie, transport, dostawa i inne operacje zależą między innymi od ludzi – ich decyzji, nastroju, charakteru, zmęczenia. Do usprawnienia wykonywania tych operacji i pomocy pracownikom w magazynach można zastosować nowoczesne technologie, aby podzielić obciążenie pracą i ułatwić podejmowanie decyzji. Korzystając z rzeczywistości rozszerzonej, można uczynić pracę bardziej interaktywną i mniej omyłkową⁸⁰. Kompletacja zamówień jest jednym z najważniejszych zadań w dziedzinie logistyki. Aby uniknąć błędów, pracownik powinien otrzymać dodatkowe informacje umożliwiające mu szybszą lokalizację obiektu. W logistyce najbardziej namacalnymi rozwiązaniami rzeczywistości rozszerzonej są systemy optymalizujące proces kompletacji. Zdecydowana większość magazynów w krajach rozwiniętych nadal jednak korzysta z metody *pick-by paper* bazującej na wykorzystaniu papieru, na skutek czego praca przebiega powoli i jest obciążona ryzykiem wystąpienia błędów. Ponadto czynności związane z kompletacją często są wykonywane przez pracowników tymczasowych, którzy zwykle wymagają kosztownego szkolenia. Systemy Knapp, SAP i Ubimax składają się z mobilnych systemów AR, takich jak wyświetlacz montowany na głowie (HMD), kamery, komputer przeznaczony do noszenia na ciele i zestawy akumulatorów, zapewniających wystarczającą energię przynajmniej dla jednej zmiany roboczej. Oprogramowanie do kompletacji obrazów oferuje rozpoznawanie obiektów w czasie rzeczywistym, odczyt kodów kreskowych, nawigację wewnątrz i płynną integrację informacji z systemem zarządzania magazynem (WMS). Kluczową zaletą kompletacji wzrokowej jest zapewnienie pracownikom intuicyjnego, cyfrowego wsparcia podczas ręcznego kompletowania⁸¹. Korzystając z takiego systemu, pracownicy widzą cyfrową listę kompletacji w polu widzenia i dzięki możliwościom nawigacji w pomieszczeniach widzą najlepszą trasę, co skraca czas podróży dzięki efektywnemu planowaniu trasy. Dzięki funkcji automatycznego skanowania kodów kreskowych oprogramowanie do rozpoznawania obrazu systemu (dostarczone np. przez Knapp KiSoft Vision7) może sprawdzić, czy pracownik dotarł do właściwej lokalizacji, i poprowadzić go, aby szybko zlokalizował na półce właściwy przedmiot.

Gry interaktywne stają się coraz bardziej istotnym obszarem zastosowań grafiki komputerowej. Branża powiązana rozwija się niezwykle szybko, zarówno w dziedzinie rozrywki opartej na lokalizacji (LBE), jak i w dziedzinie gier komputerowych. Koncentrując się na środowisku gier komputerowych do użytku domowego, które jest szczególnie

⁷⁹ A. Cirulis, E. Ginters, *Augmented reality in logistics*, ICTE in Regional Development, December 2013, Valmiera, Latvia, "Procedia Computer Science", 26/2013, s. 14-20.

⁸⁰ B. Mueck, M. Höwer, W. Franke, W. Dangelmaier, *Augmented reality applications for warehouse logistics*, [w:] A. Abraham, Y. Dote, T. Furuhashi, M. Köppen, A. Ohuchi, Y. Ohsawa, *Soft Computing as transdisciplinary science and technology*, Springer 2005, s. 1053-1062.

⁸¹ M. Merlino, I. Sproge, *The augmented supply chain*, 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016, 19-22 October, 2016, Riga, Latvia, "Procedia Engineering", 178/2017, s. 308-318.

odpowiednie do gier planszowych dla wielu graczy, należy stwierdzić, że tego rodzaju gry kierują się dwoma głównymi aspektami: komunikacją społeczną i zachowaniem indywidualności w prywatnej przestrzeni⁸². Gry AR odnoszą się do gier cyfrowych rozgrywanych w środowisku rzeczywistym z warstwą wirtualną na nim. Gracze mogą wchodzić w interakcje zarówno z przedmiotami w świecie wirtualnym, jak i ludźmi w świecie rzeczywistym, unikając społecznej izolacji. Dzięki zaletom i pozytywnym wynikom zastosowania technologii AR w grach edukacyjnych w ostatnich latach pojawiła się rosnąca liczba badań dotyczących gier AR na potrzeby nauki (np. badania EcoMOBILE i Mad City Mystery)⁸³. Rzeczywistość rozszerzona w grach daje efekt wyświetlania 3D w czasie rzeczywistym poprzez nałożenie wirtualnych informacji o prawdziwym świecie. Głównym celem takich gier jest większe zaangażowanie nastolatków w sport i ćwiczenia⁸⁴. Gry związane z AR służą nie tylko rozrywce, ale także różnym dziedzinom jako narzędzie do edukacji, leczenia, uprawiania turystyki i prowadzenia szkoleń.

Wizualizacje AR różnią się od tradycyjnych wizualizacji komputerowych tym, że informacje wirtualne są wyświetlane w kontekście fizycznym. Wizualizacja zwykle pojawia się na ekranie komputera, urządzeniu mobilnym lub w świecie wirtualnym, w którym tło jest pod pełną kontrolą projektanta wizualizacji. Sama wizualizacja często nie ma związku z otaczającym gracza środowiskiem. Na przykład wizualizacja struktur molekularnych w wirtualnym świecie może być prezentowana z danymi 3D unoszącymi się na czarnym tle. Wizualizacja AR z natury ma pewną formę tła ze świata fizycznego, ale może ono nie mieć znaczenia dla wyświetlanych danych. Na przykład A. Fuhrmann i in. przedstawiają wizualizację AR cykli dynastycznych starożytnych Chin⁸⁵. Tłem ich wizualizacji jest biały pokój. Przeniesienie do innego pokoju nie zmieniłoby sposobu wizualizacji. White i in. wykorzystują wprowadzoną wizualizację, aby sklasyfikować wizualizacje wyświetlane w kontekście, w którym są one istotne. Na przykład dane dotyczące tlenu węgla prezentowane są na ulicy, na której dane gromadzą czujniki – w tym przypadku dane wizualne muszą być wyraźnie powiązane z fizyczną lokalizacją lub obiektem i wziąć pod uwagę użytkownika, zadanie i kontekst fizyczny. W wizualizacji informacji może to zmienić reprezentację lub układ przestrzenny wizualizacji⁸⁶.

Rzeczywistość rozszerzona to dobra platforma współpracy na linii człowiek–robot, ponieważ zapewnia: zdolność do poprawy rzeczywistości, bezproblemową interakcję

⁸² S. Koceski, N. Koceska, *Collaborative augmented reality (AR) mobile phone game for co-located players*, [w:] L. Kocarev, *ICT Innovations*, 2011, s. 147-157.

⁸³ J. Li, E.D. van der Spek, L. Feijs, F. Wang, J. Hu, *Augmented reality games for learning: A literature review*, [w:] N. Streitz, P. Markopoulos, *Distributed, ambient and pervasive interactions*, Springer 2017, s. 612-626.

⁸⁴ H. Zhao, H. Chen, J. Wang, R. Zhang, *Augmented reality game development and experience based on intelligent mobile phone*, Transactions on Edutainment XII, Springer, Berlin 2016, s. 38-47.

⁸⁵ A. Fuhrmann, H. Loffelmann, D. Schmalstieg, M. Gervautz, *Collaborative visualization in augmented reality*, "IEEE Computer Graphics and Applications", 1998, s. 54-59.

⁸⁶ D. Kalkofen, Ch. Sandor, S. White, D. Schmalstieg, *Visualization techniques for augmented reality*, [w:] B. Furht, *Handbook of augmented reality*, Springer 2011, s. 65-98.

między rzeczywistym a wirtualnym środowiskiem, możliwość udostępniania zdalnych widoków (widok egocentryczny), przestrzenne wskazówki dla lokalnej i zdalnej współpracy, narzędzia do ściślejszej współpracy, szczególnie dla wielu osób współpracujących z robotem. Te atrybuty pozwalają rzeczywistości rozszerzonej wspierać naturalną przestrzeń, dialog poprzez wyświetlanie wizualnych wskazówek niezbędnych człowiekowi i robotowi, aby osiągnąć wspólną płaszczyznę i utrzymać świadomość sytuacyjną. Umożliwiają również regulację autonomii przez wspieranie wielu użytkowników – ludzi, a także pozwalają robotowi wizualnie komunikować się ze swoim ludzkim współpracownikiem poprzez nakładki graficzne nałożone na rzeczywiste środowisko, w którym działa człowiek⁸⁷. Jak wspomniano wcześniej, rzeczywistość rozszerzona działa w podobny sposób jak sterowanie robotem przez interfejs multimodalny. Użytkownik może za pomocą myszy wybierać obiekty lub upuszczać miejsca na scenie AR. Możliwe jest również przesunięcie obiektu poprzez wybranie go i przeniesienie go do strefy zrzutu za pomocą narzędzia „przeciągnij i upuść” w widoku rozszerzonym. Operator zostanie przedstawiony przez zestaw działań w widoku, który pokazuje symulowany plan wykonania polecenia przez robota. Robot może następnie podjąć decyzję o wykonaniu lub anulowaniu działań.

Rzeczywistość rozszerzona działa również jako środek do przedstawienia wizualnej informacji zwrotnej użytkownikowi. Wszystkie rozpoznane obiekty w polu widzenia robota są prezentowane za pomocą specjalnych nakładek, a wybrany obiekt rozszerzony jest informacją o nim. Informacje obejmują współrzędne, orientację i wszelkie metadane powiązane z nim (waga, materiał itp.). W ramach rozszerzonego widoku mamy reprezentację akcji ruchowej użytkownika określającą działanie i ścieżkę, którą ma podjąć ramię robota. Dzięki temu użytkownik może przeglądać symulowane akcje i ścieżki oraz korygować je lub usuwać przed wykonaniem akcji⁸⁸.

Kolejnym przykładem wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w dziedzinie robotyki są szkolenia i kursy dla studentów⁸⁹. Ze względu na gwałtowny rozwój dyscypliny robotyki, na przykład systemów robotycznych, studenci muszą utrzymywać swoją szybko poszerzającą się wiedzę. Zajęcia teoretyczne nie zapewniają im wystarczających wiadomości, tymczasem praca laboratoryjna umożliwia im nabycie umiejętności praktycznych, które zwiększają ich wiedzę w dziedzinie robotyki. Kosztowny sprzęt uniemożliwia uczelniom posiadanie wystarczającej liczby robotycznych laboratoriów edukacyjnych.

⁸⁷ S. Green, X. Chen, M. Billinghurst, J.G. Chase, *Human robot collaboration: An augmented reality approach a literature review and analysis*, "International Journal of Advanced Robotic Systems", 5(1)/2008, s. 1-18.

⁸⁸ A.E. Ameri, B. Akan, B. Çürüklü, *Augmented reality meets industry: Interactive robot programming*, Proceedings of SIGRAD 2010: Content Aggregation and Visualization, November 25-26, 2010, Västerås, Sweden, s. 55-57.

⁸⁹ C.A. Jara, F.A. Candelas, P. Gil, M. Fernández, F. Torres, *An augmented reality interface for training robotics through the web*, Proceedings of the 40th International Symposium on Robotics, Barcelona 2009, s. 189-194.

Jako rozwiązanie tego problemu wskazuje się nowe technologie, takie jak rzeczywistość rozszerzona lub *Virtual and Remote Laboratories* (VRL), oferujące wiele możliwości, na przykład zdalne praktyki czy naukę przebiegającą w sposób bezpłatny i elastyczny.

Ewolucja technologii informacyjnych i komunikacyjnych jest postępującym procesem. Rzeczywistość rozszerzona, która obecnie zaczyna być wykorzystywana w dziedzinie edukacji, daje liczne opcje prezentacji treści i sposobów zachęcania do nauki uczniów i studentów⁹⁰. W ciągu ostatnich lat wielu profesjonalistów i badaczy rozwijało pragmatyczne teorie, aplikacje lub przyjęcie AR w środowisku akademickim i korporacyjnym. Na podstawie ich badań niektóre innowacje rzeczywistości rozszerzonej zostały opracowane i są wykorzystywane do poprawy efektywności kształcenia i szkolenia uczniów, studentów i pracowników. Zastosowanie technologii AR może się odbywać na wszystkich etapach edukacji, szczególnie motywując i wspierając samodzielne uczenie się, a także oferując ulepszenia w stosunku do tradycyjnego sposobu nauki⁹¹. Uczniowie i studenci z kontekstowo wzbogaconą interakcją przy użyciu technologii rzeczywistości rozszerzonej mogą zwiększyć swoją wiedzę i umiejętności, szczególnie w zakresie złożonych teorii, mechanizmów systemów lub maszyn⁹². Technologia AR może wspomagać uczniów w nauce poprzez wizualizację abstrakcyjnych pojęć naukowych lub nieobserwowalnych zjawisk, takich jak przepływ powietrza lub pola magnetyczne, przez używanie wirtualnych obiektów, w tym cząstek, wektorów, symboli. Zdaniem autora niniejszej monografii AR może pomóc w procesie edukacyjnym poprzez wdrożenie rozwiązania, które stymuluje interakcję z wiedzą podczas poszukiwania rozwiązania. Dzisiaj technologia staje się coraz bardziej wszechobecna, zmieniając kierunek ciągłego ulepszania komputerów i narzędzi, wpływając na nasze życie. Obecnie studenci dysponują ograniczoną możliwością wyobrażenia sobie treści, których chcą się uczyć z książek lub innych źródeł – cyfrowych lub fizycznych. Dzięki AR można im pomóc, wykorzystując wirtualne modele do symulacji przekonującego, prawie rzeczywistego wyświetlania treści, w trójwymiarowej interaktywnej formie, bardziej naturalnej niż jego obecne reprezentacje. Pewnego dnia taki sposób może się stać powszechny – jak projektory obrazu czy Internet.

Jednym z silniej zaznaczających się trendów wśród współczesnych konsumentów jest poszukiwanie nowych doświadczeń i przeżyć. Nurt ten podkreśla, że podstawowym towarem są nie konkretne produkty, lecz emocje, przeżycia i doświadczenia klientów. Doświadczenia mogą mieć różny charakter: edukacyjny, rozrywkowy, estetyczny i eska-

⁹⁰ M. Sirakaya, E.K. Cakmak, *Effects of augmented reality on student achievement and self-efficacy in vocational education and training*, "International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET)" 5(1)/2018, s. 1-6.

⁹¹ J. Martín-Gutierrez, P. Fabiani, W. Benesova, M.D. Meneses, C.E. Mora, *Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education*, "Computers in Human Behavior", 51/2015, s. 752-761.

⁹² M. Kęsy, *Poszerzona rzeczywistość w praktyce inżynierskiej oraz kształceniu technicznym*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, 2(16)/2016, s. 236-238; K. Lee, *Augmented reality in education and training*, "TechTrends", 56(2)/2012, s. 14-15.

pistyczny. Idealnie wpasowuje się tutaj ze swoją ofertą rzeczywistość rozszerzona, dzięki której konsumenci mogą doznać zupełnie nowych przeżyć i doświadczeń⁹³. Zarówno wirtualna, jak i rozszerzona rzeczywistość oddziałuje na ludzkie zmysły, w szczególności wzroku, o czym już pisano w niniejszej pracy. Większość konsumentów jest wzrokowcami, zatem percepcja za pomocą tego zmysłu jest kluczowa, decydując o skuteczności komunikowania się z wykorzystaniem omawianej technologii⁹⁴.

Marketing rzeczywistości rozszerzonej jest wynikiem postępu technologicznego. Aplikacje urządzeń w rzeczywistości rozszerzonej mogą mieć pozytywny wpływ na marketing, zwłaszcza w turystyce i hotelarstwie. Jednak rzeczywistości rozszerzonej wykorzystywanej w kampanii marketingowej należy poświęcić uwagę, uwzględniając możliwości zaspokojenia różnorodnych wymagań turystów. AR może także wspierać obsługę posprzedażną i utrzymanie klienta⁹⁵.

Rzeczywistość rozszerzona jest stosunkowo nową koncepcją marketingową i może być postrzegana jako rodzaj innowacji technologicznej. AR stanowi formę wzajemnych powiązań między rzeczywistością a symulacjami generowanymi komputerowo, co poprawia – intensyfikuje – wrażenia konsumentów. Marketing w rzeczywistości rozszerzonej jest elementem cyfrowym nałożonym na realne otoczenie lub dodanym do innego środowiska, na przykład w formie drukowanej, telewizyjnej lub rzeczywistej. Jedną z najczęstszych form rzeczywistości rozszerzonej obecnie stosowaną w wideo jest nakładająca się na 10 jardów linia w transmisjach NFL. Widzowie nie zdają sobie sprawy, że AR jest powodem, dla którego widok jest tak spektakularny. Ponieważ jest bezproblemowo zintegrowany z doświadczeniem transmisji, zapewnia ogromną wartość dla widza transmisji⁹⁶.

Silne oddziaływanie rzeczywistości rozszerzonej jest także widoczne w inteligentnych miastach wykorzystujących infrastrukturę technologiczną w celu zapewnienia mieszkańcom rozwiązań ułatwiających im życie. Sposób przekazywania informacji zmienia się wraz z postępem technologii, która jest podstawową strategią inteligentnych miast przekształcających infrastrukturę i usługi miasta za pomocą technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT). Zasadniczo miasta nie można uznać za inteligentne, chyba że ulepszone technologicznie, oparte na technologiach ICT rozwiązania przestrzenne zostaną wdrożone w celu uzyskania lepszych wyników publicznych przyczyniających się do ich

⁹³ S.S. Dadwal, A. Hassan, *The augmented reality marketing: A merger of marketing and technology in tourism*, [w:] N. Ray, *Emerging innovative marketing strategies in the tourism industry*, SCOPUS 2015, s. 80-84.

⁹⁴ J. Berbeka, *Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 303/2016, s. 84-96.

⁹⁵ P.A. Rauschnabel, R. Felix, Ch. Hinsch, *Augmented reality marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration*, „Journal of Retailing and Consumer Service”, 49/2019, s. 43-53.

⁹⁶ E. Bartali, M.H. Bin Abd.Rahim, B. Parhizkar, Z.M. Gebril, *Effective of augmented reality (AR) in marketing communication; a case study on brand interactive advertising*, „International Journal of Management and Applied Science”, 2(4)/2016, s. 133-135.

rozwoju⁹⁷. Wdrożenie koncepcji inteligentnego miasta polega na optymalizacji systemu urbanistycznego przy użyciu technologii informatycznej nowej generacji, dzięki czemu system jest bardziej inteligentny, skoordynowany i rozwijany, a jednocześnie poprawia warunki życia ludzi, zwiększając ich inteligencję przez nabywanie nowych doświadczeń i zapewniając im harmonijne życie⁹⁸. Dzięki wielu aplikacjom rzeczywistość rozszerzona oddziałuje na rozwój inteligentnych miast. Wizualizacja danych geoprzestrzennych jest jednym z najważniejszych obszarów zastosowań wirtualnej, rozszerzonej rzeczywistości i technologii grafiki komputerowej. Systemy informacji geograficznej (GIS) dają potężne przestrzenne możliwości analityczne na arenach akademickich, prywatnych, rządowych i korporacyjnych. Możliwości te są głównie wynikiem metafor analitycznych (np. nakładki mapy) i funkcjonalności oferowanej przez oprogramowanie GIS⁹⁹. Rzeczywistość rozszerzona stanowi jeden ze sposobów wspierania decyzji w obszarze architektury i projektowania wnętrz. Dlatego rzeczywistość rozszerzona przedstawiana jest jako system konstruowania współpracy projektowania aplikacji opartych na rozproszonym AR, a mianowicie na zbadaniu relacji między postrzeganiem przestrzeni architektonicznej i systemów konstrukcyjnych w celu poprawy metod budowy, kontroli i renowacji architektury. Wizualizacja projektów architektonicznych w środowisku zewnętrznym nie tylko pozwala użytkownikom na uzyskanie informacji o budynkach użyteczności publicznej, takich jak szpitale, urzędy, banki, ale również pozwala na rozwój turystyki XXI wieku, polegającej na tym, że użytkownik w czasie rzeczywistym otrzymuje wirtualnie generowane informacje o zabytkach, które zwiedza¹⁰⁰. Ponieważ usługi osobiste zyskują popularność w całym sektorze usług, urządzenia AR mogą zastąpić przewodnika turystycznego i stać się spersonalizowanym wirtualnym przewodnikiem nowej generacji. Obecne aplikacje AR związane z turystyką koncentrują się na określeniu lokalizacji turysty i zapewnieniu informacji ogólnych o miejscu, w którym on przebywa¹⁰¹.

Nawigacja jest obszarem wykazującym udaną integrację systemu człowiek–maszyna. Nowoczesne systemy nawigacyjne wykorzystują urządzenia elektroniczne do określania lokalizacji użytkownika, znajdowania odpowiednich tras, a w niektórych przypadkach również autonomicznego nadzoru pojazdów do miejsca docelowego. Aktualnie większość systemów nawigacyjnych stosuje sygnały satelitarne z globalnego systemu pozycjonowania (GPS), który działa w warunkach zewnętrznych, ale ma trudności w pomieszczeniach ze względu na zmniejszoną siłę sygnału. W odniesieniu do nawigacji

⁹⁷ T. Bakici, E. Almirall, J. Wareham, *A smart city initiative: The case of Barcelona*, [w:] N. Komninos, H. Schaffers, "Journal of the Knowledge Economy", 4(2)/2013, s. 135-148.

⁹⁸ Z. Lv, T. Yin, X. Zhang, H. Song, G. Chen, *Virtual reality smart city based on WebVRGIS*, "IEEE Internet of Things Journal", 3(6)/2016, s. 1015-1024.

⁹⁹ N.R. Hedley, M. Billinghurst, L. Postner, R. May, H. Kato, *Explorations in the use of augmented reality for geographic visualization*, "Presence", 11(2)/2002, s. 119-133.

¹⁰⁰ B. Allbach, M. Memmel, P. Zeile, B. Streich, *op. cit.*, s. 636.

¹⁰¹ M.C. Tom Dieck, T. Jung, *A theoretical model of mobile augmented reality acceptance in urban heritage tourism*, "Journal Current Issues in Tourism", 21(2)/2017, s. 154-174.

w pomieszczeniach zaproponowano alternatywne technologie, takie jak Wi-Fi, i metody oparte na obrazie. Niezbędnym aspektem systemu nawigacji wewnętrznej jest projekt interfejsu użytkownika. Dzięki tradycyjnemu interfejsowi stosowanemu w większości elektronicznych systemów nawigacyjnych użytkownicy muszą mentalnie dopasować kierunki pokazane na wyświetlaczu do wskazówek w prawdziwym świecie. Dzięki rzeczywistości rozszerzonej wysiłek umysłowy użytkownika jest zmniejszony, ponieważ interfejs AR może bezpośrednio nakładać kierunki na widok świata rzeczywistego, dzięki czemu łatwiej dostrzec kierunki¹⁰². Interfejsy AR do nawigacji w pomieszczeniach zostały zaimplementowane na urządzeniach przenośnych i ocenione we wcześniejszych badaniach¹⁰³, które wykazały, że AR może wspierać dokładną lokalizację i poprawić wrażenia użytkownika. Jeśli chodzi o urządzenia przenośne, to użytkownicy muszą je jednak trzymać w odpowiedni sposób (konkretna orientacja i położenie), aby aplikacje działały poprawnie. Ten wymóg może wpłynąć na użyteczność, dokładność nawigacji i zadowolenie użytkownika¹⁰⁴.

Przedstawione możliwości użycia technologii AR oraz przykłady jej praktycznego wykorzystania ukazują jej potencjał we wszystkich obszarach funkcjonowania człowieka. Zdaniem autora niniejszej monografii technologia rzeczywistości rozszerzonej w niedalekiej przyszłości obejmie większość sfer ludzkiej egzystencji, czego najlepszym dowodem są ciągłe prace nad jej rozwojem i udoskonalaniem.

¹⁰² L.C. Huey, P. Sebastian, M. Drieberg, *Augmented reality based indoor positioning navigation tool*, 2011 IEEE Conference on Open Systems (ICOS), s. 256-260.

¹⁰³ A. Möller, M. Kranz, S. Diewald, L. Roalter, R. Huitl, T. Stockinger, M. Koelle, P.A. Lindemann, *Experimental evaluation of user interfaces for visual indoor navigation*, Conference: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems At: Toronto, ON, Canada 2014, s. 3607-3616.

¹⁰⁴ G. Reitmayr, D. Schmalstieg, *Collaborative augmented reality for outdoor navigation and information browsing*, Proceedings of the 2nd Symposium on Location Based Services and TeleCartography 2003, s. 53-62.

Badania i analizy dojrzałości technologii rzeczywistości rozszerzonej

3.1. Wybór obszarów logistycznych, w których można zastosować technologię rzeczywistości rozszerzonej

Autor założył, że innowacja logistyczna jest ulepszeniem, nową wartością z punktu widzenia klienta, co znajduje odzwierciedlenie w wartości rynkowej, a także dotyczy przepływu towarów, usług oraz związanych z nimi informacji w skali przedsiębiorstwa i między podmiotami zarządzającymi. Innowacja w logistyce jest najczęściej kojarzona z wykorzystaniem nowych technologii informatycznych, usprawnieniem procesów, ze zwiększeniem zaangażowania pracowników i zarządzania nimi¹. Innowacje są elementem pobudzającym rozwój przedsiębiorstwa. Do innowacji za J. Schumpeterem możemy zaliczyć:

- wytworzenie nowego dobra, nieznanego dotąd konsumentom,
- zastosowanie nowej, nie stosowanej dotychczas techniki produkcji,
- zdobycie nowego rynku zbytu,
- pozyskanie nowego źródła surowców lub półfabrykatów,
- wprowadzenie nowej organizacji produkcji.

Innowacje prowadzą do zerwania z rutyną, do nowych lub tańszych sposobów wytwarzania, wyprodukowania nowego produktu albo zwiększenia zbytu. Pozwalają na obniżenie kosztów i generowanie zysków do momentu, aż naśladowcy nie skopiują rozwiązań przedsiębiorcy – innowatora. Schumpeter przez innowacje rozumiał pierwsze zastosowanie jakiegoś rozwiązania w praktyce. Odróżniał pojęcie innowacji od wynalazku. Zdaniem badacza nie każdy wynalazek stawał się innowacją, ponieważ nie każdy znalazł zastosowanie w praktyce². W niniejszej monografii innowacje nie będą dotyczyły

¹ H. Brdulak, *Innowacyjność w usługach logistycznych*, [w:] T. Janiak, J. Ogrodowczyk (red.), *Logistyka wobec nowych wyzwań*, ILiM, Poznań 2010, s. 89-91.

² U. Zagóra-Jonszta, *Teoria rozwoju gospodarczego i „Twórczej destrukcji” Schumpetera oraz jej aktualność*, „Optimum Studia Ekonomiczne”, 3(75)/2015, s. 23-24.

procesu produkcji, lecz procesów wspierających, do których możemy zaliczyć między innymi logistykę.

Wydajność logistyczna jest ważnym czynnikiem wpływającym na konkurencyjność zarówno firm, jak i kraju. Słabe wyniki w tym obszarze stanowią barierę dla handlu i bezpośrednich inwestycji zagranicznych, a tym samym dla wzrostu gospodarczego. Wykorzystanie technologii informatycznych do zmniejszenia kosztów logistyki, skrócenia czasu, poprawy niezawodności, elastyczności i bezpieczeństwa i zwiększenia wydajności logistycznej firm jest w obecnych czasach niesłychanie ważne. Nasilająca się na rynku konkurencja zmusza organizacje do zainteresowania się nowoczesnymi narzędziami doskonalącymi procesy logistyczne³. Sprawne i efektywne funkcjonowanie przedsiębiorstw jest dzisiaj możliwe jedynie przy szerokim wykorzystaniu możliwości, jakie oferują narzędzia doskonalące.

Istotnym elementem i uwarunkowaniem współczesnych łańcuchów dostaw jest ich doskonalenie przez zastosowanie metod szczupłej logistyki i najnowszych rozwiązań z obszaru IT. Wiele analiz i prób opracowania nowych, lepszych (innowacyjnych) rozwiązań dotyczy również podnoszenia efektywności zarządzania łańcuchem dostaw. W tym kontekście najczęściej za bardziej skuteczne uważa się automatyzację transakcji oraz stabilizowanie warunków działania. Eliminowanie i upraszczanie transakcji traktuje się jako sposób doskonalenia zarządzania łańcuchem dostaw⁴. Na łańcuch dostaw aktualnie i w przyszłości ma wpływ nie tylko rzeczywistość rozszerzona w obsłudze materiałów i innych komponentów, ale także nowej generacji technologie – od robotyki, przez sztuczną inteligencję, do *Big Data*, które na podstawie algorytmicznego procesu wszystkich dostępnych informacji podejmują decyzje, rządzą urządzeniami automatyki, wykonują prognozowanie i planowanie⁵. Chociaż AR znajduje się na stosunkowo wczesnym etapie wdrażania w logistyce, może przynieść znaczne korzyści, na przykład zapewnić pracownikom logistyki szybki dostęp do informacji wyprzedzających w dowolnym miejscu i czasie. Ma to zasadnicze znaczenie dla przyszłego dokładnego planowania i realizacji zadań, takich jak dostawa i optymalizacja obciążenia, a także ma kluczową wagę w zapewnieniu wyższego poziomu obsługi klienta.

W sferze logistyki tkwią potencjalne źródła osiągnięcia sukcesu rynkowego przez przedsiębiorstwo, które zaspokaja potrzeby klientów i wyprzedza konkurencję, a także uzyskuje wysoką produktywność oraz znaczną efektywność procesów wytwarzania i transformacji. Zdaniem autora we współczesnej nauce o zarządzaniu logi-

³ R. Othman, W. Sze Voon, *Logistics performance analysis and improvement: A case study of a building materials company*, "Global Business and Management Research: An International Journal", 10(1)/2018, s. 266-269.

⁴ A. Bujak, A. Gębczyńska, R. Miler, *Współczesna logistyka – obszary i kierunki przekształceń*, „Logistyka”, 3/2014, s. 868-870.

⁵ M. Merlino, I. Sproge, *The augmented supply chain*, 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016, 19-22 October, 2016, Riga, Latvia, "Procedia Engineering" 178/201, s. 808.

stycznym można zauważyć pewne tendencje dotyczące miejsca, jakie zajmuje ono w wyznaczaniu strategii przedsiębiorstwa. Następuje bowiem przesunięcie roli logistyki i strategii logistycznej od zadań operacyjnych i traktowania działań zarządzania logistycznego w sposób cząstkowy do pojmowania logistyki jako systemu oraz koncepcji strategicznego zarządzania i pewnej filozofii, znajdującej swoje miejsce w sferach działania przedsiębiorstwa. Strategie logistyczne zaczynają zajmować miejsce obok tradycyjnych strategii przedsiębiorstwa. Przy określaniu strategii logistycznej niezbędne jest wykonanie analizy strategicznej pozwalającej na prawidłowe sformułowanie celów logistycznych firmy, nawet gdy logistyka stanowi strategię funkcjonalną, uzupełniającą globalną strategię przedsiębiorstwa. W celu zagwarantowania prawidłowego funkcjonowania organizacji konieczne jest stałe włączenie procedur planistycznych i analitycznych dotyczących zagadnień logistycznych, a także podejmowanie określonych działań z tego zakresu w sytuacji różnych zmian zachodzących w przedsiębiorstwie.

Ocenę działalności logistycznej przeprowadza się w ramach controllingu albo controllingu logistyki, ostatnio popularyzowanego w literaturze i rozwijanego w praktyce. W controllingu logistyki stosuje się narzędzia o charakterze zarówno krótkookresowym, jak i długookresowym, tak jak się to odbywa w tradycyjnym controllingu. Do instrumentów krótkookresowych, poza między innymi systemem rachunku kosztów, należy również system wskaźników. Cykliczne i regularne obliczanie wskaźników w odniesieniu do logistyki, a następnie ich kontrola i ocena pozwalają jednostce gospodarczej wzmocnić jej pozycję na rynku i uczynić ją bardziej konkurencyjną.

Istotą i esencją logistyki jest określenie działań logistycznych. Działania logistyczne to główna funkcjonalność determinująca podobne systemy logistyczne. Ważne jest, aby właściwie ją zorganizować, a także zrozumieć jej współzależność. W dziedzinie logistyki każdy powinien mieć szczególne baczenie na zasady funkcjonalne, ponieważ wprowadzanie zmian w jednej zasadzie funkcjonalnej może zmieniać działania w pozostałej części systemu⁶. Głównym celem działań logistycznych jest zapewnienie wydajności systemu przy najniższych kosztach. Rozwój nowoczesnych technologii gwarantuje, że w logistyce pojawiły się możliwości, jakich nie było jeszcze 10 lat temu.

Wybór odpowiednich wskaźników i obszarów jest niezbędny do tego, by umożliwić odpowiednią analizę porównawczą procesów przedsiębiorstw. W związku z tym skupienie się na poprawie wydajności łańcucha dostaw jest zadaniem dość trudnym. Wynika to ze wskaźników kardynalności dostępnych w literaturze oraz z mnogości i różnorodności ich wykorzystania w praktyce biznesowej. Dodatkową komplikacją podczas budowania odpowiedniego zestawu wskaźników jest zróżnicowana specyfika przedsiębiorstw, które są partnerami biznesowymi w łańcuchu dostaw. Analizaindykatywna powinna się rozpocząć od wyboru odpowiednich wskaźników i zidentyfiko-

⁶ A. Cirulis, E. Ginters, *Augmented reality in logistics*, ICTE in Regional Development, December 2013, Valmiera, Latvia, "Procedia Computer Science", 26/2013, s. 16.

wać obszary logistyki, jakie należy zmierzyć. Najważniejsza grupa wskaźników logistyki winna obejmować takie obszary, jak⁷:

- zakupy,
- magazynowanie,
- produkcja,
- transport,
- dystrybucja.

Samo obliczenie wskaźnika nie jest skuteczne i nie daje żadnych rezultatów. By jego zastosowanie przyniosło efekt, jego szacunki muszą być dokonywane regularnie, a na postawie wyników z kilku okresów powinny być tworzone zestawienia porównawcze, pozwalające na obserwację zmian wskaźnika na przestrzeni czasu. Z takich zestawień zakład uzyskuje informacje o tym, które obszary logistyki działają prawidłowo, a nad którymi należy popracować w celu poprawienia ich efektywności. Warto zaznaczyć, iż sposób funkcjonowania logistyki w różnych przedsiębiorstwach jest inny, dlatego też nie ma ujednoliconego systemu wskaźników dla wszystkich firm. Każdy zakład indywidualnie opracowuje swoje wskaźniki, dostosowując je do charakteru prowadzonej działalności tak, by otrzymane wyniki były wymierne⁸.

W ostatnich latach uwidocznił się trend, zgodnie z którym logistyka jest zbiorem procesów kreujących wartość, co oznacza, że poglądy P. Druckera, określające logistykę jako obszar wyłącznie kosztów, straciły na znaczeniu. Każdy z obszarów logistycznych można z jednej strony traktować jako koszty, ale z drugiej – jako obszary potencjalnych oszczędności, które powstaną wskutek implementacji różnych innowacyjnych rozwiązań. Tak rozumiana logistyka przyczynia się do obniżenia jednostkowego kosztu wytworzenia produktu w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Koszty powstają bowiem jako efekt celowego wykorzystania dostępnych w organizacji zasobów, umożliwiając firmie uzyskanie korzyści w postaci produktów⁹. Przybliżenie problematyki logistycznej sprawności produktu nierozzerwalnie wiąże się z samym produktem i jego miejscem w procesach logistycznych.

W celu wyboru odpowiednich obszarów, w których autor proponuje implementację technologii rzeczywistości rozszerzonej, zastosowano podejście funkcjonalne. Pozwoliło ono wyodrębnić te obszary, w których AR umożliwi nie tylko zapewnienie lepszych wyników, podniesienie produktywności, ale także zapewni lepszą jakość działań, co z punktu

⁷ K. Kolińska, M. Cudziło, *Comparison of logistics indicators as a way of improving efficiency of supply chains*, "Research in Logistics & Production", 1(4)/2014, s. 21-23.

⁸ B. Miłaszewicz, M. Wengel, P. Kłapsia, *Wskaźnikowa ocena funkcjonowania logistyki dystrybucji*, „Logistyka”, 6/2015, s. 793.

⁹ E. Milewska, *Wykorzystanie narzędzi informatycznych wspomagających kalkulację JKW w rozliczeniu kosztów logistycznych*, „Logistyka”, 6/2016, s. 38.

widzenia podejścia jakościowego logistyki jest bardzo istotne. W ramach ujęcia funkcjonalnego możemy wyselekcjonować takie funkcje logistyki, jak¹⁰:

- obsługa zamówień,
- zarządzanie zapasami,
- magazynowanie,
- pakowanie,
- transport.

Obsługa zamówień jest fundamentem przepływu informacji w systemie logistycznym. Zamówienia z perspektywy przedsiębiorstwa produkcyjnego możemy podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Wewnętrzne są stosowane w dwóch przypadkach: między dwoma wydziałami produkcyjnymi, kiedy produkcja na jednym wydziale jest zależna od wcześniej wyprodukowanych półproduktów na drugim wydziale; między wydziałem produkcji a logistyką zaopatrzenia, która musi dostarczyć odpowiednie komponenty w odpowiednie miejsce w odpowiednim czasie¹¹. W obu sytuacjach zamówieniem mogą być opakowania wewnętrzne na części, które w tym przypadku będzie traktowane jako *Kanban*. Zamówienia zewnętrzne to rodzaj zamówień przesyłanych przez klienta w celu realizacji warunków kontraktu¹². Na cykl realizacji zamówienia składają się cztery zasadnicze czynności: złożenie zamówienia, opracowywanie zamówienia, przygotowanie zamówionych towarów oraz wysyłka zamówionych produktów. Etap składania zamówienia inicjuje cały łańcuch kolejnych czynności. Zamówienie może być złożone w formie tradycyjnej (wydrukowanej i wysłanej drogą pocztową) bądź przesłane w formie elektronicznej (co obecnie jest najbardziej preferowaną metodą ze względu na krótszy czas dostarczenia zamówienia do dostawcy)¹³. Proces opracowania zamówienia polega na jego inkorporacji do planu produkcji przedsiębiorstwa produkcyjnego, sprawdzeniu dostępności materiałów produkcyjnych¹⁴, ustaleniu czasu niezbędnego do wyprodukowania finalnego produktu¹⁵. Ostatni etap stanowi przygotowanie już wyprodukowanych towarów i ich wysyłka do klienta¹⁶. Na tym etapie mamy do czynienia zarówno z odpowiednim zapakowaniem i zabezpieczeniem towarów według ustaleń klienta (a więc

¹⁰ M. Bielecki, M. Hanczak, A. Skoczylas, *Wybrane aspekty logistycznej sprawności produktu jako źródła wartości dodanej – wyniki badań*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016, s. 11.

¹¹ J. Dyczkowska, *Zarządzanie logistyczną obsługą klienta*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu”, 41(875), 2/2015, s. 448-454.

¹² M. Szkoda, *Realizacja procesów logistyki zaopatrzenia z zastosowaniem systemu SAP ERP*, „Logistyka”, 6/2014, s. 10343-10345.

¹³ J. Korczak, *op. cit.*, s. 28.

¹⁴ G. Radziejowska, *Aspekty logistyczne w zarządzaniu realizacją zamówień na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Organizacja i Zarządzanie”, 60/2012, s. 310-312.

¹⁵ M. Zięba, J. Ziółkowski, *System planowania potrzeb materiałowych (MRP) w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Biuletyn WAT”, LXI, 3/2012, s. 354-356.

¹⁶ Ł. Sułkowski, P. Morawski, *Obsługa klienta w procesach zarządzania logistycznego*, Seria: Przedsiębiorczość i Zarządzanie, t. XV, z. 5, część III, Łódź 2014, s. 202-207.

w ramach zatwierdzonej przez klienta i przedsiębiorstwo specyfikacji pakowania), jak i z wysyłką do klienta na podstawie wcześniej ustalonych warunków dostawy¹⁷.

Zarządzanie zapasami z punktu widzenia przedsiębiorstwa produkcyjnego stanowi bardzo ważny czynnik przesądzający o płynności finansowej organizacji. Utrzymywanie zapasów jest bardzo często koniecznym warunkiem funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych, handlowych i usługowych. W przedsiębiorstwach produkcyjnych zapasy materiałów są warunkiem utrzymania ciągłości produkcji, zapasy produkcji w toku powstają w trakcie procesów produkcyjnych, a zapasy wyrobów gotowych i towarów (w przedsiębiorstwach handlowych) umożliwiają zaspokojenie potrzeb klientów. Poziom zapasów, podobnie jak należności, jest uzależniony od sprzedaży, z tym że należności powstają w wyniku sprzedaży (należności są efektem sprzedaży, jednocześnie wielkość sprzedaży jest uzależniona od strategii zarządzania należnościami), a zapasy tę sprzedaż poprzedzają i są jednym z jej warunków. Wielkość zapasów zatem powinna być dostosowana do przewidywanej sprzedaży¹⁸. Zapasy tworzy się, by wyrównać różnicę w intensywności przepływów strumieni dóbr¹⁹. Dobra stają się zapasem wówczas, gdy do procesu ich składowania zostają zaangażowane zarówno osoby, jak i na trwałe pomieszczenia wraz z wyposażeniem, a środki finansowe przeznaczone na gromadzone towary w rozpatrywanym okresie mogłyby być wykorzystane w inny sposób. Jednym z powodów gromadzenia zapasów jest oddziaływanie czynnika losowego zarówno na kształtowanie się popytu, jak również na procesy logistyczne. Utrzymywanie zapasów towarów jest zatem wynikiem braku synchronizacji dostaw i sprzedaży, która przeciwdziała ich gromadzeniu. Zapas w takiej sytuacji odgrywa rolę swoistego amortyzatora między popytem a sprzedażą²⁰. Im większe zapasy magazynowe będą składowane w magazynie, tym mniejsza będzie płynność finansowa firmy, ponieważ pieniądze będą zamrożone w surowcach, co na pewno przełoży się na wstrzymanie inwestycji przedsiębiorstwa²¹. Zdaniem autora niniejszej monografii implementacja technologii rzeczywistości rozszerzonej w ramach przyjmowania dostaw i regulacji gospodarki magazynowej staje się uzasadniona. W tym konkretnym przypadku korzyści wynikające z wdrożenia AR w magazynie są duże – mówimy tutaj nie tylko o zwiększeniu ogólnej produktywności w ramach procesów zachodzących w magazynie, ale także o poprawie tych procesów od strony jakościowej i zwiększeniu bezpieczeństwa.

¹⁷ W. Harasim, J. Dziwulski, *Logistyczna obsługa klienta i jej znaczenie z perspektywy strategii organizacji*, [w:] W. Harasim (red.), *Determinanty nowoczesnego zarządzania*, Wyższa Szkoła Promocji, Mediów i Show Businessu, Warszawa 2018, s. 46-54.

¹⁸ P. Szymański, *Podstawy teoretyczne zarządzania majątkiem obrotowym*, Wydawnictwo Petros, Łódź 2007, s. 86-88.

¹⁹ J. Bril, Z. Łukasik, *Metody zarządzania zapasami*, „Autobusy”, 3/2013, s. 61.

²⁰ K. Skoczyła, *Rachunkowość a zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwie handlowym*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 32/2011, s. 428.

²¹ G. Migalski, *Zarządzanie zapasami w małym przedsiębiorstwie*, „Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Finanse Bankowość Rachunkowość. Tom 2”, 1059/2005, s. 191-193.

Produktywność przedsiębiorstwa jest złożonym wskaźnikiem, na który wpływa wiele czynników²². Zalicza się do nich logistykę. Analiza dostępnej literatury pozwala wyróżnić trzy poziomy produktywności: poziom pierwszy – wykonywanie czynności koniecznych (identyfikacji działań tworzących wartość dodaną dla klienta i eliminowaniu zbędnych czynności); poziom drugi – efektywne organizowanie działań (przypisywanie zadań do właściwych zasobów, które poprawnie przygotowano i poprawnie zaplanowano); poziom trzeci – wydajne wykonywanie zadań (jakość zaangażowanych zasobów oraz właściwy sposób zorganizowania pracy)²³.

Magazynowanie stanowi jeden z podstawowych elementów działalności logistycznej warunkujących realizację wielu funkcji w przedsiębiorstwach, odgrywający główną rolę w całej gospodarce produkcyjnej, funkcjonowaniu łańcuchów dostaw oraz działalności przedsiębiorstw. Fizyczny przepływ produktów logistycznych odbywa się między magazynami uczestników łańcucha dostaw, co jest jego istotny elementem²⁴. Termin „magazynowanie” najczęściej jest kojarzony ze składowaniem produktów. Jednak jego definicja wiąże się również z wieloma innymi czynnościami, takimi jak przyjmowanie, przechowywanie, ewidencjonowanie, kontrolowanie i wydawanie towarów²⁵. Przechowywane zapasy uczestniczą w procesie magazynowania, który obejmuje czynności związane z czasowym przyjmowaniem, składowaniem, przechowywaniem, kompletowaniem i wydawaniem towarów²⁶. Wymienione czynności mogą zostać znacznie usprawnione, a korzyści wynikające z wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej ocenia się jako zachęcające.

Pakowanie jest jednym z procesów pomocniczych. Istotne jest podkreślenie, że proces jest wtedy logistyczny, gdy pojawia się potrzeba skoordynowania go z innymi procesami. Inaczej mówiąc, proces uzyskuje miano logistycznego, jeśli rozmieszczenie, stan i przepływy jego składowych wymagają koordynacji z innymi procesami, ze względu na kryteria lokalizacji, czasu, kosztów i efektywności spełniania pożądaných celów organizacji²⁷. Proces pakowania wiąże się ze zmianą pod względem właściwości transportowych, przeładunkowych i magazynowych. W ramach pakowania dochodzi do zmiany jednostki opakowaniowej. Na etapie pakowania powstają kolejne czynności związane z tym procesem pomocniczym. Należą do nich sortowanie wyrobów (czyli zmiany pod względem gatunku wyrobu) oraz znakowanie (czyli tworzenie pewnego rodzaju identyfikowalności wyrobów). Faza kompletacji, która następuje już po sortowaniu, pakowaniu i znakowaniu, uznawana jest często za punkt krytyczny całego procesu magazynowania,

²² M. Rostek, R. Knosala, *Koncepcja oceny wpływu działań logistycznych na produktywność w przedsiębiorstwie*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Wydawnictwo PTZP, Opole 2013, s. 788-793.

²³ R. Wendt, *Produktywność w logistyce*, „Euro Logistics”, 3(70)/2012, s. 32-34.

²⁴ D. Biniasz, M. Majer, *System magazynowania w logistyce – studium przypadku*, „Logistyka”, 6/2014, s. 1988-1989.

²⁵ P. Jerzyło, N. Rutkowska, A. Wawrzyńska, *Zarządzanie procesami logistyki magazynowej w przedsiębiorstwie*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni”, 97/2016, s. 39.

²⁶ B. Galińska, *Gospodarka magazynowa*, Difin, Warszawa 2016, s. 68.

²⁷ S. Krawczyk, *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001, s. 42-43.

co jest konsekwencją tego, że to właśnie w niej następuje podjęcie decyzji o charakterze oraz postaci przepływu asortymentów od dostawcy do odbiorcy. Kompletaacja generuje znacznie wyższe koszty podczas realizacji niż pozostałe fazy magazynowania²⁸.

Transport – warunki do realizacji niezakłóconego i optymalnego przepływu materiałów przez wszystkie procesy produkcyjne stwarza logistyka produkcji, koncentrująca się na optymalizacji transportu wewnętrznego, sterowaniu przepływem materiałów oraz na racjonalnym rozmieszczeniu stanowisk i miejsc składowania w procesach produkcyjnych. Układy transportowe spełniają funkcje przewozowe, buforowe, rozdzielające i zbierające. Wydajność układów transportowych jest funkcją stopnia obciążenia połączonych za ich pośrednictwem systemów produkcyjnych i magazynowych. Układy rozdzielające są przeważnie układami dostawczymi (dowozowymi) do wielu równoległych punktów zużycia lub obsługi, na przykład do miejsc składowania, punktów kontroli i pakowania. Układy zbierające są na ogół układami odbiorczymi (odwozowymi) od wielu, zwykle równoległych, punktów wyjściowych, tj. od n -miejsc składowania, czyli są układami komplegowania strumienia materiałów. Infrastrukturą transportu wewnętrznego nazywa się ogół urządzeń transportu technologicznego oraz urządzeń pomocniczych, które umożliwiają przemieszczanie produktów w procesach produkcyjnych oraz magazynowania, realizowanych w ramach procesów logistycznych. Do infrastruktury zalicza się urządzenia transportu technologicznego i urządzenia pomocnicze²⁹. Podczas przemieszczania surowców, materiałów oraz wyrobów gotowych w procesach produkcji i dystrybucji eksploatowane są różnego rodzaju urządzenia transportu technologicznego. Do efektywnej realizacji procesów przemieszczania ładunków urządzeniami transportu technologicznego konieczne jest stosowanie urządzeń pomocniczych. Są to na ogół urządzenia wielokrotnego użytku, umożliwiające zastosowanie daleko idącej mechanizacji realizowanych czynności (z automatyzacją włącznie), przy odpowiednim zabezpieczeniu ładunków, a w niektórych przypadkach również składa się na nie zachowanie bezpiecznych warunków pracy³⁰.

Pośród wielu obszarów logistycznych autor niniejszej monografii wybrał te, w których jego zdaniem najszybciej można wdrożyć rzeczywistość rozszerzoną. Każdy z wybranych obszarów opisano w dalszej części rozdziału.

3.1.1. Przyjmowanie dostaw i gospodarka magazynowa

Gospodarka magazynowa odgrywa bardzo ważną rolę w przedsiębiorstwie ze względu na fakt, iż obiekt magazynowy jest jednym z elementów infrastruktury logistycznej przedsiębiorstwa, przez który następuje przepływ surowców, materiałów i wyrobów go-

²⁸ J. Jonak, A. Nieoczym, *Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania*, Politechnika Lubelska, Lublin 2014, s. 158.

²⁹ M. Matulewski, S. Konecka, P. Fajfer, A. Wojciechowski, *Systemy logistyczne*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007, s. 54.

³⁰ Ł. Wojciechowski, A. Wojciechowski, T. Kosmatka, *Infrastruktura magazynowa i transportowa*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2009, s. 193.

towych pomiędzy dostawcami a finalnymi klientami³¹. Dobrze zorganizowany system logistyczny jest kluczem do konkutowania z innymi przedsiębiorstwami. Optymalizacja przepływów materiałowych, informacji z nimi związanych oraz innych czynników dotyczących przechowywania towarów w magazynach wpływa przede wszystkim na efektywność gospodarowania³².

Zarządzanie procesami logistycznymi stanowi wzorcowy przykład koncepcji zarządzania procesowego przedsiębiorstwem. Zdaniem A. Świerczka w wyniku procesowego podejścia zarządzania przedsiębiorstwem „zrodziła się idea, aby badać przepływy materiałów i informacji w przekroju różnych funkcji i specjalności, opisywać ich przebiegi oraz każdorazowo, kiedy dana operacja została zrealizowana, analizować wejścia, dokonywane transformacje, zużyte zasoby oraz wyjścia lub zbywalne produkty”³³. Zarządzanie procesami logistycznymi może mieć charakter całościowy i obejmować wszystkie procesy i czynności logistyczne. Wówczas zarządzanie procesami logistycznymi zdefiniować można jako proces kompleksowego planowania, organizowania i kontrolowania procesów i czynności logistycznych realizowanych w celu zapewnienia sprawnego i efektywnego przepływu materiałów, półproduktów, wyrobów finalnych w przedsiębiorstwach oraz łańcuchach logistycznych i łańcuchach dostaw³⁴.

Proces przyjęcia towaru do magazynu obejmuje czynności związane z fizycznym przyjęciem dostawy, a następnie wprowadzenie danych dostawy do systemu informacyjnego. Przyjęcie towaru odbywa się według zasady FIFO – pierwsze weszło, pierwsze podlega przyjęciu. Stosując się do niej, zachowuje się porządek i unika się chaosu. Wyjątkiem są towary dostarczone do magazynu z opóźnieniem, które są pilnie wymagane w procesie produkcyjnym, w przypadku zagrożenia zatrzymania linii produkcyjnej. Przyjęcie dostawy można podzielić na pięć etapów. Stanowią je:

- odbiór dokumentów od przewoźnika – następuje przekazanie dokumentów dostawy przez kierowcę, pracownik magazynu przystępuje do rozładunku dostawy wyrobów,
- dokowanie pojazdu – w celu zachowania przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracownik, który ma dokonać rozładunku, powinien sprawdzić, czy naczepa jest odpowiednio ustawiona, silnik wyłączony, a kliny są odpowiednio ustawione w celu zabezpieczenia pojazdu,
- rozładunek – podczas rozładunku następuje kontrola stanu palet oraz samego ładunku, palety z uszkodzonym ładunkiem są oznaczane, cały towar jest rozładowywany na polu odkładczym,

³¹ J. Michalik, D. Surowiec, *Charakterystyka gospodarki magazynowej w wybranym przedsiębiorstwie przemysłowym*, „Logistyka”, 6/2012, s. 525.

³² J. Michalik, R. Budzik, *Procesy magazynowe w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Logistyka”, 2/2011, s. 455.

³³ A. Świerczek, *Koncepcja zarządzania procesami logistycznymi w przedsiębiorstwie*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach”, 1(2)/2006, s. 115-124.

³⁴ A. Świerczek, *Teoretyczne podstawy koncepcji zarządzania logistycznego – próba syntezy (cz. 2)*, „Logistyka”, 4/2006, s. 28-29.

- kontrola ilościowa – po rozładunku przeprowadzana jest kontrola ilościowa zgodnie z dokumentami dołączonymi do dostawy,
- przekazanie dokumentów przewoźnikowi – proces przyjęcia dostawy kończy się w momencie podpisania dokumentu CMR i wpisaniem do niego wszelkich uwag dotyczących ewentualnie stwierdzonych niezgodności lub okoliczności uniemożliwiających przeprowadzenie pełnej weryfikacji (brak dostępu do zawartości itp.).

Operacje magazynowe stanowią około 20% wszystkich kosztów logistyki, a zadanie kompletacji stanowi od 55% do 65% całkowitych kosztów operacji magazynowych³⁵. Wskazuje to, że rzeczywistość rozszerzona może obniżyć koszty poprzez poprawę procesu kompletacji. Może także pomóc w szkoleniu nowych i tymczasowych pracowników magazynu oraz w planowaniu magazynu. Dotychczasowe badania koncentrowały się na tym, w jaki sposób można usprawnić pracę operatora magazynu za pomocą rzeczywistości rozszerzonej (R. Reif i W.A. Günthner)³⁶, co stanowi efektywny sposób wskazywania miejsca składowania komponentów operatorowi magazynu³⁷. Zarządzanie procesami przyjmowania dostaw, kompletacji czy ogólnej gospodarki przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej może stanowić całkowicie nową wartość dodaną dla obszaru logistyki³⁸.

Oprogramowanie do kompletacji obrazów oferuje rozpoznawanie obiektów w czasie rzeczywistym, odczyt kodów kreskowych, nawigację wewnątrz i płynną integrację informacji z systemem zarządzania magazynem (WMS). Kluczową zaletą kompletacji obrazu jest zapewnienie intuicyjnego, cyfrowego wsparcia dla pracowników podczas ręcznego kompletowania zamówienia. Korzystając z takiego systemu, każdy pracownik widzi cyfrową listę kompletacji w swoim polu widzenia i dzięki możliwościom nawigacji w pomieszczeniach widzi najlepszą trasę, co dzięki efektywnemu planowaniu trasy skraca czas podróży. Podczas stosowania funkcji automatycznego skanowania kodów kreskowych oprogramowanie do rozpoznawania obrazu systemu (np. dostarczone przez Knapp KiSoft Vision7) może sprawdzić, czy pracownik dotarł do właściwej lokalizacji, i poprowadzić go, aby szybko zlokalizował właściwy przedmiot na regale/półce. Pracownik może następnie zeskanować element i zarejestrować ten proces jednocześnie w WMS, umożliwiając aktualizację zapasów w czasie rzeczywistym. Ponadto takie syste-

³⁵ V. Giannikas, W. Lu, B. Robertson, D. McFarlane, *An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies*, "International Journal of Production Economics", 189/2017, s. 63-76.

³⁶ R. Reif, W.A. Günthner, *Pick-by-vision: Augmented reality supported order picking*, "The Visual Computer", 25(5)/2009, s. 461-467.

³⁷ B. Schwerdtfeger, R. Reif, W.A. Günthner, G. Klinker, D. Hamacher, L. Schega, I. Bockelmann, F. Doil, J. Tumler, *Pick-by-vision: A first stress test*, in 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2009), s. 115-124.

³⁸ J. Tumler, F. Doil, R. Mecke, G. Paul, M. Schenk, E.A. Pfister, A. Huckauf, I. Bockelmann, A. Roggentin, *Mobile augmented reality in industrial applications: Approaches for solution of user-related issues*, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008, s. 87-90.

my mogą skrócić czas potrzebny na ukierunkowanie i przeszkolenie nowych pracowników, a także pokonać bariery językowe pracowników migrujących³⁹.

Rzeczywistość rozszerzona może wpływać na procesy planowania magazynu. Obecnie magazyny są wykorzystywane nie tylko jako centra magazynowe i dystrybucyjne, coraz więcej firm oferuje bowiem zwiększającą się liczbę usług o wartości dodanej – od montażu produktu po etykietowanie, przepakowywanie i naprawy. Oznacza to, że magazyny muszą zostać przeprojektowane, aby uwzględnić nowe usługi. Rzeczywistość rozszerzoną można wykorzystać do wizualizacji wszelkich planowanych przedstawień w pełnej skali, co umożliwia umieszczenie interaktywnych cyfrowych reprezentacji proponowanych przyszłych modyfikacji w obecnym, rzeczywistym środowisku magazynowym. Planiści mogą sprawdzić, czy pomiary planowanej modyfikacji będą pasować, i modelować nowe przepływy pracy. W przyszłości może to pozwolić na wykorzystanie prawdziwego magazynu jako stanowiska testowego do planowania pracy magazynu.

3.1.2. Zaopatrywanie produkcji w części

Zarządzanie procesami logistycznymi z perspektywy zaopatrywania produkcji w części należy rozpocząć od identyfikacji procesów logistycznych. Celem logistycznie zorientowanych sposobów działania w zarządzaniu produkcją jest dostosowanie wszystkich działań na potrzeby rynku. Elementami takiej orientacji rynkowej logistyki są:

- działania ukierunkowane na produkt,
- działania ukierunkowane na realizację zamówienia,
- ukierunkowanie na poziom obsługi logistycznej klienta.

Utrzymanie zdolności produkcyjnych, czyli rozważania nad wykorzystaniem zasobów w przepływie materiałów, wymagają uwzględnienia zdolności produkcyjnych segmentów linii o wspólnych cechach, na przykład rodziny produktów. Pomimo niższego obciążenia jednego z zasobów możliwe są zwiększenie wydajności i elastyczności linii oraz spadek kosztów zaangażowanego kapitału. Realizacja zamówień zgodnie z przyjętym celem jest związana z poszukiwaniem rozwiązań umożliwiających szybszą reakcję na potrzeby klienta przy jednoczesnym wydłużaniu czasu procesów podnoszących wartość produktów i skracaniu czasu procesów zwiększających koszty. Jest to zadanie trudne, ponieważ wymaga przełamania klasycznej współzależności między obsługą klienta a kosztami⁴⁰.

Czas realizacji jest najważniejszym wskaźnikiem sprawności logistycznej przedsiębiorstwa, mierzy określoną cechę zjawiska i jest wielkością informacyjną. Przez pojęcie „czas realizacji zlecenia produkcyjnego” rozumie się długość cyklu, a więc czas, który

³⁹ B. Mueck, M. Höwer, W. Franke, W. Dangelmaier, *Augmented reality applications for warehouse logistics*, [w:] A. Abraham, Y. Dote, T. Furuhashi, M. Köppen, A. Ohuchi, Y. Ohsawa, *Soft computing as transdisciplinary science and technology*, Springer 2005, s. 1053-1062.

⁴⁰ G. Radziejowska, *op. cit.*, s. 310.

musi upłynąć między początkiem pierwszej i końcem ostatniej operacji podczas produkcji. Długość cyklu produkcyjnego składa się z takich elementów, jak:

- czas przygotowania i realizacji produkcji, w tym przebrojenia maszyn,
- czas transportu środków produkcji,
- czas czynności kontrolnych,
- okres przestoju, w tym czas oczekiwania na materiały przed operacjami i po operacjach na stanowiskach produkcyjnych.

Czasy realizacji oddziałują na koszty, jakość, elastyczność i obrót. W związku z tym zasadniczym celem powinna być redukcja czasów realizacji procesów w systemie produkcyjnym przedsiębiorstwa⁴¹.

Zarządzanie procesem zaopatrywania produkcji w części przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej może nie tylko skrócić czas operacji wykonywanych przez operatorów, ale również poprawić proces pod względem jakościowym. Zapewniając w czasie rzeczywistym informacje o pobieranych częściach w celu zasilenia produkcji, może wyeliminować szereg pomyłek z tym związanych. Z jednej strony zostanie skrócony czas reakcji operatora, który będzie otrzymywał niezbędne informacje o częściach, z drugiej strony operator otrzyma dokładne wskazanie miejsca dostarczenia części na linię produkcyjną.

3.1.3. Pakowanie i sortowanie części

Zarządzanie procesami jest oparte na wielu priorytetach gospodarczych, z których najważniejszym jest wnoszenie wartości dla klientów. Skuteczne zarządzanie procesami⁴² wymaga reorientacji struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa z układu pionowego w kierunku układu poziomego. Sprzyja to lepszej komunikacji wewnątrz firmy, wymianie informacji i zmianie postrzegania organizacji ze statycznej na dynamiczną.

Pakowanie i sortowanie należą do procesów bardzo obciążających pracowników, zwłaszcza że muszą być wykonywane cyklicznie i z dużą prędkością. Zarządzanie nimi wymaga zastosowania odpowiednich środków. Pakowanie i sortowanie wymagają od operatora szczególnej uwagi i ostrożności ze względu na fakt, że w zależności od asortymentu zastosowanie będą miały różne specyfikacje pakowania bądź sortowania. Duża liczba różnych informacji może doprowadzać do pojawienia się trudności, które stanowią:

- duże obciążenie pracowników, zmienna wydajność oraz duże straty przy pakowaniu, wynikające m.in. z braku skupienia ludzi podczas wielogodzinnej pracy, co generuje wysokie koszty,
- częste pomyłki związane z zastosowaniem niewłaściwej standardowej procedury operacyjnej (dobór niewłaściwych opakowań, dopuszczenie wadliwych części lub produktów),
- długotrwałe szkolenie pracowników, w tym nowych, w sytuacji ich dużej rotacji.

⁴¹ J. Bendkowski, *Logistyka jako strategia zarządzania przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 63/2013, s. 15-16.

⁴² K. Perechuda, *Metody zarządzania przedsiębiorstwem*, AE, Wrocław 1999, s. 40.

Obecnie automatyzacja fizyczna staje się coraz bardziej dostępna, ale wymaga albo dużej ilości wolnej przestrzeni, albo stosowania sposobów rozdzielania pracy automatycznej od pracy ręcznej. Automatyzacja wymaga również stabilnej działalności gospodarczej i charakterystyki produktu.

Zdaniem autora niniejszej monografii staje się zasadne zwrócenie uwagi w stronę elastycznych koncepcji magazynowania, łatwych i szybkich w szkoleniu procesów i dużej elastyczności zasobów. W przypadku operacji wykonywanych ręcznie elastyczność musi znajdować się w interfejsie użytkownika, z szybko dostosowywalnymi ekranami i informacjami do pokazania operatorom oraz z technologią „samokontroli”. Rozpoznawanie za pomocą kamer w połączeniu z technologią głosnomówiącą dostępną w *Smart Glasses* jest bardzo interesującym rozwiązaniem. Instrukcje mogą być wydawane głosem i powtarzane na ekranie okularów. Kamera może rozpoznać lokalizację, a przedmioty mogą być skanowane za pomocą skanerów pierścieniowych, jeśli zajdzie taka potrzeba, projektor może też poinstruować, gdzie należy umieścić przedmioty lub kartony. W połączeniu z technologią pozycjonowania można również sprawdzić prawidłową lokalizację operatora i/lub jego urządzeń transportu bliskiego. Brak konieczności wprowadzania danych w trakcie procesu umożliwia sprawną, elastyczną i prawidłową pracę. Wspierające systemy informatyczne są projektowane w sposób umożliwiający pracownikom szybką obsługę nowych warunków i środowisk pracy, bez zwiększania poziomu ich stresu, przy jednoczesnym zapobieganiu popełnianiu błędów. Wymaga to systemów wspomagających pracownika w uzyskiwaniu właściwych informacji we właściwym czasie. Takie systemy wspomagające muszą dostarczać szczegółowych instrukcji pracy, te zaś winny być przedstawione w sposób wysoce intuicyjny i precyzyjny.

3.1.4. Transport wewnętrzny przedsiębiorstwa produkcyjnego

Transportem wewnętrznym nazywa się ogół czynności służących do przewiezienia ludzi i rzeczy przy użyciu środków transportowych w obrębie jednego przedsiębiorstwa. Można go również określić mianem transportu wewnątrzzakładowego bądź bliskiego⁴³. Jest on jednym z celów logistyki produkcji, która odpowiada za procesy fizycznego przepływu i magazynowania materiałów oraz strumień informacyjno-decyzyjny, w tym organizowanie, planowanie i podejmowanie decyzji oraz kontrolę intensywności przepływów.

Zagadnienia transportu wewnętrznego nabierają coraz większego znaczenia z punktu widzenia racjonalizacji produkcji i dystrybucji. Każdy bowiem materiał bądź towar tylko wtedy ma określoną wartość, gdy można nim dysponować w miejscu, w którym jest potrzebny, i we właściwym czasie. Zachodzi zatem konieczność traktowania transportu nie jako odrębnej czynności zorientowanej na obiekt, lecz jako procesu związane-

⁴³ D. Biniasz, *Rola i funkcje transportu wewnętrznego małych przedsiębiorstw produkcyjnych – studium przypadku*, „Logistyka”, 3/2012, s. 535.

go z realizacją konkretnej funkcji oraz z systemem produkcyjnym⁴⁴. Transport w zakładach może odgrywać znaczącą rolę w mechanizmie produkcji. W zależności od rodzaju i charakteru przedsiębiorstwa koszty transportu mogą się znajdować na wysokiej pozycji w hierarchii kosztów ponoszonych przez firmę. Dobrze zorganizowany i zarządzany transport wewnętrzny wpływa na obniżenie nie tylko kosztów, ale także czasu, oddziałuje również na jakość produkcji⁴⁵.

Zarządzanie transportem wewnętrznym w przedsiębiorstwie o charakterze ciągłej produkcji nie jest łatwe, z jednej strony to bowiem dążenie do jak najdalej idącej poprawy efektywności całego procesu transportu wewnątrz organizacji, z drugiej zaś strony to różne ograniczenia wynikające nie tylko z przepisów prawa, ale i wewnętrznych standardów przyjętych przez przedsiębiorstwa.

Doboru środków transportu wewnętrznego w nowo powstających przedsiębiorstwach dokonuje się jednocześnie z pracami dotyczącymi całego zakładu. Projektując transport wewnętrzny, należy uwzględnić wielkość przedsiębiorstwa, jego charakter oraz rodzaj procesu technologicznego, jaki ma być w nim uruchomiony. Transport wewnętrzny stanowi bowiem integralną część tego procesu⁴⁶.

Wzrost produkcji opartej na coraz bardziej nowoczesnych technologiach oraz usług świadczonych na coraz wyższym poziomie wymagają systematycznego usprawniania organizacji procesów technologicznych oraz modernizacji transportu wewnętrznego⁴⁷. Działania te zwykle zmierzają do ograniczenia lub eliminacji pracy ręcznej. Środki transportu wewnętrznego, zwłaszcza te o ruchu przerywanym, często wymagają obsługi ręcznej. Obecnie w wielu polskich przedsiębiorstwach duża część prac transportowych jest wykonywana ręcznie lub za pomocą bardzo prostych środków transportu. Dotyczy to zwłaszcza małych i średnich przedsiębiorstw. Ograniczenie lub eliminację pracy ręcznej przy modernizacji układów transportowych można uzyskać przez częściowe lub całkowite zautomatyzowanie czynności wykonywanych przez maszyny i urządzenia. W przypadku powtarzających się, jednakowych lub zmieniających według ustalonego programu cykli pracy coraz częściej stosuje się całkowitą automatyzację transportu wewnętrznego. W dużych przedsiębiorstwach łatwiej uzyskuje się widoczne efekty ekonomiczne modernizacji transportu niż w przedsiębiorstwach małych lub średnich. Niekiedy, zwłaszcza gdy koszty pracy ręcznej są niskie, usprawnienie transportu ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa pracy lub wyeliminowanie ciężkiej pracy fizycznej.

⁴⁴ K. Dohn, *Organizacja procesów transportu wewnętrznego – studia przypadków*, „Transport”, 70/2009, s. 48.

⁴⁵ M. Topolski, *Zarządzanie inteligentnym transportem wewnętrznym poprzez komputerowe algorytmy probabilistyczne*, „Autobusy”, 6/2018, s. 968.

⁴⁶ I. Nowotyńska, S. Kut, M. Krauz, *Internal transport as an integral part of logistics in production. Part 1*, „Autobusy”, 12/2017, s. 1548-1549.

⁴⁷ J. Krystek, S. Alszer, *Analysis and simulation of internal transport in the high storage warehouse*, [w:] D. Mazur, M. Gołębiowski, M. Korkosz, *Analysis and simulation of electrical and computer systems*, Springer, 2018, s. 407-409.

Wymiana ręcznych środków transportu na zmechanizowane podwyższa też koszty ich bieżącej eksploatacji (paliwo, energia, smary). Do obsługi takich urządzeń i maszyn na ogół niezbędni są pracownicy o odpowiednich kwalifikacjach. Wiele maszyn i urządzeń wymaga kosztownych okresowych przeglądów i napraw dokonywanych przez autoryzowane zespoły producenta.

Interesującym sposobem wsparcia zarządzania transportem wewnętrznym jest rzeczywistość rozszerzona, która nie tylko da odpowiedź na pytanie, w jaki sposób można zredukować liczbę pomyłek związanych z dostarczaniem niewłaściwych komponentów, surowców do gniazd produkcyjnych, ale również przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie. Pracownik odpowiedzialny za wewnętrzną dystrybucję części, wspomagany technologią rzeczywistości rozszerzonej, będzie się poruszał po przedsiębiorstwie zgodnie z generowanymi wirtualnie dyrektywami postępowania.

3.2. Rynek technologii rzeczywistości rozszerzonej w Polsce i na świecie

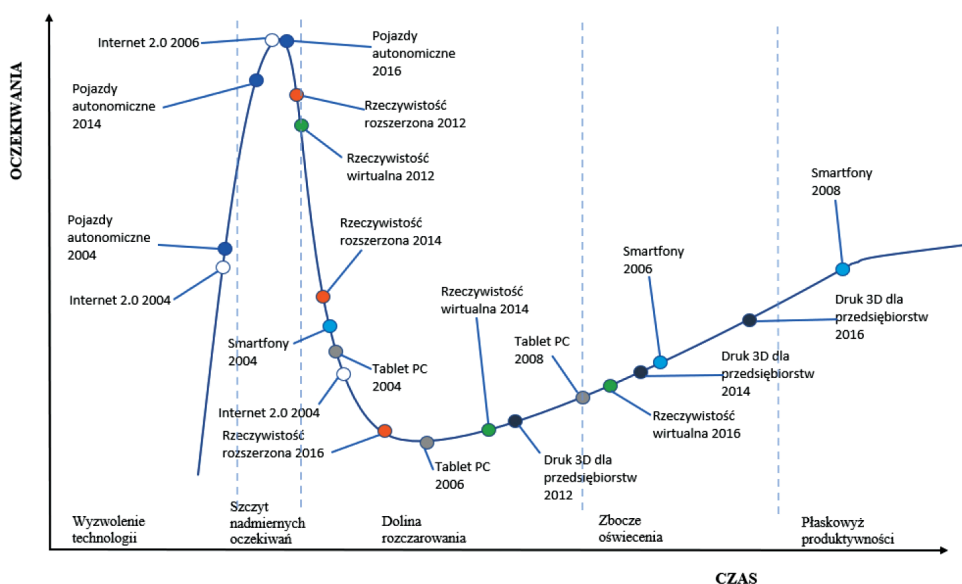
Technologia wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości osiągnęła punkt zwrotny dla zastosowań na dużą skalę, w szczególności dzięki rozwojowi wygodniejszego i bardziej uporządkowanego sprzętu. Mimo że VR i AR istnieją już od jakiegoś czasu, początkowo nie były one dostępne dla szerszej grupy odbiorców. Zestawy słuchawkowe albo były zbyt niezgrabne i nie pozwalały na płynne korzystanie z wirtualnych wrażeń, albo były zbyt drogie i zasilane przez duże komputery. W rezultacie VR i AR były wykorzystywane głównie przez duże firmy w dziedzinie wzornictwa przemysłowego lub przez wyspecjalizowane ośrodki badawcze.

Obecnie zestawy słuchawkowe są łatwiejsze w obsłudze i bardziej wydajne, nawet smartfony są w stanie przetwarzać dane VR i AR. Stwarzają one konsumentom, badaczom i przedsiębiorstwom możliwości pracy i cieszenia się życiem w przestrzeni wirtualnej.

Tego, że VR prawdopodobnie wejdzie w okres przyspieszonego rozwoju, dowodzi typologia akceptacji nowej technologii – cykl hype'u Gartnera (krzywa Gartnera). Zgodnie z nią zarówno VR, jak i AR przekroczyły już szczyt zawyżonych oczekiwań, a znaczna część populacji ma przyjąć technologię VR za około trzy lata (AR za osiem lat). Na rysunku 3.1 porównano to z innymi pojawiającymi się (wcześniejszymi i nowymi) technologiami.

Według założeń merytorycznych cyklu Gartnera każda technologia przechodzi przez określone fazy rozwoju i oczekiwań, jakie stawia przed nią rynek. Fazy te są podobne dla każdej technologii, chociaż długość ich trwania może się różnić. Część technologii nigdy nie osiąga etapu określanego płaskowyżem produktywności, stając się rozwiązaniami przestarzałymi, zanim osiągną dojrzałość.

Wyzwoleniu technologii – poczynając od prac badawczych, premiery i wdrożenia testowej wersji alfa i pierwszych wzmianek prasowych, nowatorskiej technologii – towarzyszy powstawanie zajmujących się nią start-upów oraz zainteresowanie firm skłonnych kredytować ryzykowny projekt.



Rys. 3.1. Żywność technologii rzeczywistości rozszerzonej – cykl Gartnera, 2017 rok

Źródło: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/vr_ecosystem_eu_report_0.pdf (4.11.2019).

Szczyt nadmiernych oczekiwań – kolejna faza cyklu – obejmuje wzrost oczekiwań i nadziei związanych z nową technologią, pierwsze eksperymentalne wdrożenia w wybranych przedsiębiorstwach, a także szerokie zainteresowanie ze strony prasy oraz spowodowaną tym mnogość publikacji dotyczących tematu.

Dolina rozczarowania – szczyt oczekiwań – niesie ze sobą ostudzenie emocji wywołane pierwszymi zawiedzionymi nadziejami. Pojawiają się wówczas publikacje wskazujące błędy i niedociągnięcia rozwiązań. Inwestorzy wycofują się z projektów, zastępują ich inni. Potencjalni klienci, dotychczas zainteresowani możliwościami nowej technologii, porzucają plany realizacji przedsięwzięć związanych z jej adaptacją na gruncie swych organizacji. Jako następstwo krytyki i zmian po stronie dostawców pojawiają się kolejne wersje technologii, rozwijane są pierwsze usługi wsparcia. Powoli zainteresowanie tematem powraca.

Zbocze oświecenia to etap, w którym wiedza na temat korzyści płynących z wdrażania usprawnionych wersji technologii staje się coraz bardziej dostępna. Pojawiają się wówczas produkty rozwijające podstawową funkcjonalność produktu. Powstają metodyki i dobre praktyki wdrażania pozwalające dobrze się przygotować do realizacji projektów.

Płaskowyż produktywności – ostatnia faza cyklu popularności – to etap, w którym technologia osiąga pełną dojrzałość rynkową. Występuje, gdy zaadaptowało ją ok. 20-30% potencjalnych klientów, a oczekiwania biznesu wobec niej cechują realizm w ocenie korzyści i świadomość ewentualnych zagrożeń wynikających z jej zastosowania.

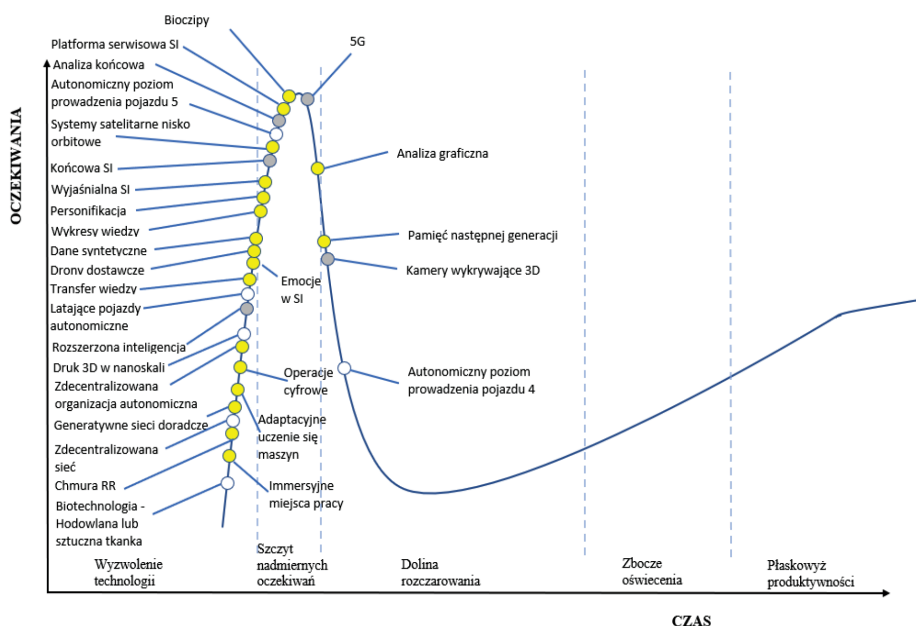
W październiku 2019 roku ukazał się nowy wykres ukazujący cykl Gartnera. Jak widać na rysunku 3.2, nie ma w nim nie tylko wzmianki o rzeczywistości wirtualnej, ale również odniesień do rzeczywistości rozszerzonej i mieszanej. Oznacza to, że dla Gartnera zarówno rzeczywistość rozszerzona, jak i wirtualna są teraz dojrzałymi technologiami. Gartner jest bardzo ważną firmą, na której informacjach wielu ludzi biznesu opiera swoje decyzje. Fakt, że wszystkie immersyjne technologie zostały oznaczone jako dojrzałe, dowodzi, że znaczna liczba firm uwierzy w ich potencjał i będzie chciała je wdrożyć. Jest to istotne potwierdzenie dojrzałości rynku na świecie.

Autor monografii uważa, że w przedsiębiorstwach technologia VR już jest użyteczna i jest w nich stosowana, a więc należy do płaskowyzu produktywności (najgłębsza część krzywej), podczas gdy AR powinna znajdować się na wykresie na zboczu oświecenia. Gartner, opracowując swój wykres, bierze pod uwagę przede wszystkim firmy, bo te najczęściej jako pierwsze wdrażają omawiane technologie (poza wojskiem), w związku z czym rzeczywistość rozszerzoną i rzeczywistość wirtualną z jego punktu widzenia można uznać za dojrzałe. Bardzo interesujące jest również porównanie cykli *hype* z ostatnich trzech lat i obserwowanie, jak AR i VR zmieniały się w czasie.

Światowe wydatki na rozwiązania AR/VR będą pokierowane przez sektory komercyjne, których łączny udział w łącznych wydatkach wzrósł z 64,5% w 2019 roku do ponad 80% w 2022 roku. Branże, które w 2019 roku wydały najwięcej na AR/VR, obejmowały usługi osobiste i konsumenckie (1,6 mld USD), handel detaliczny (1,56 mld USD) oraz produkcję dyskretną (1,54 mld USD). Przewiduje się, że w pięcioletnim prognozowanym okresie dziesięć branż dostarczy CAGR w ponad 100%, w tym sektor państwowy/lokalny (123,7% CAGR), przemysł surowcowy (120,9% CAGR) i hurtowy (120,9% CAGR). Wydatki konsumpcyjne na AR/VR nadal będą wyższe niż w jakiegokolwiek pojedynczej branży (7,2 mld USD w 2019 roku), ale będą rosły w znacznie wolniejszym tempie (36,6% CAGR).

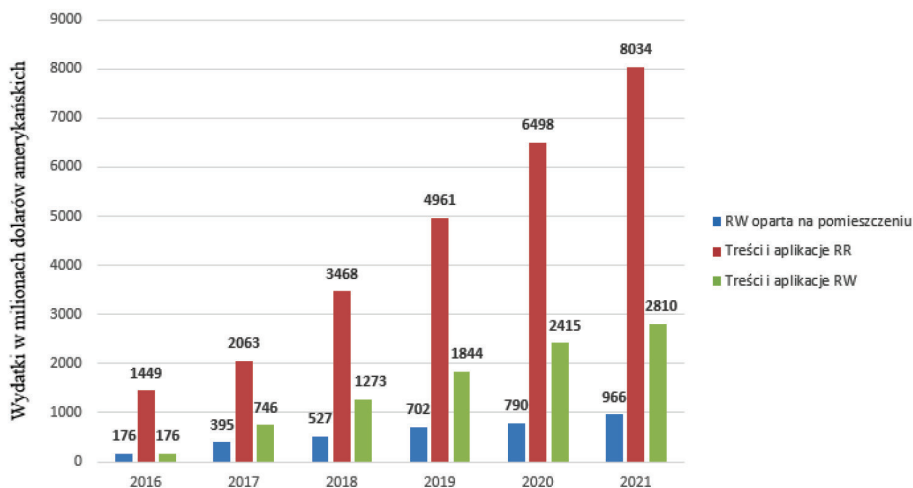
Wielkość wydatków konsumenckich określiły trzy przypadki z czterech największych przypadków użycia AR/VR w 2019 roku: gry wirtualnej rzeczywistości (4,0 mld USD), oglądanie filmów/funkcji (2,0 mld USD) oraz gry rzeczywistości rozszerzonej (616 mln USD). Jedynym przypadkiem komercyjnego wykorzystania opisywanych technologii, który zajął cztery pierwsze miejsca w 2019 roku, były szkolenia (1,8 mld USD), ale dwie inne aplikacje komercyjne – prezentacja detaliczna *online* (558 mln USD) i konserwacja przemysłowa (413 mln USD) – mocno ugruntowały swoją pozycję. Przy pięcioletnim CAGR, znajdującym się na poziomie 119,2%, wydatki na konserwację przemysłową niemal przewyższyły rzeczywistość rozszerzoną w 2022 roku. W kilku innych zastosowaniach komercyjnych (użycie laboratoryjne i terenowe, prezentacja w handlu detalicznym, diagnostyka anatomiczna i wewnętrzna wideografia) w okresie objętym prognozą wydatki na konserwację przemysłową przekroczyły 100%. Wzrost wydatków w ramach rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej w latach 2016-2021 przedstawia rysunek 3.3.

Rynek rzeczywistości rozszerzonej, zdaniem analityków Digi-Capital, do końca dekady osiągnie wartość powyżej 30 mld USD. Eksperci IDC przedstawiają jeszcze bardziej



Rys. 3.2. Żywność technologii rzeczywistości rozszerzonej – cykl Gartnera, 2019 rok

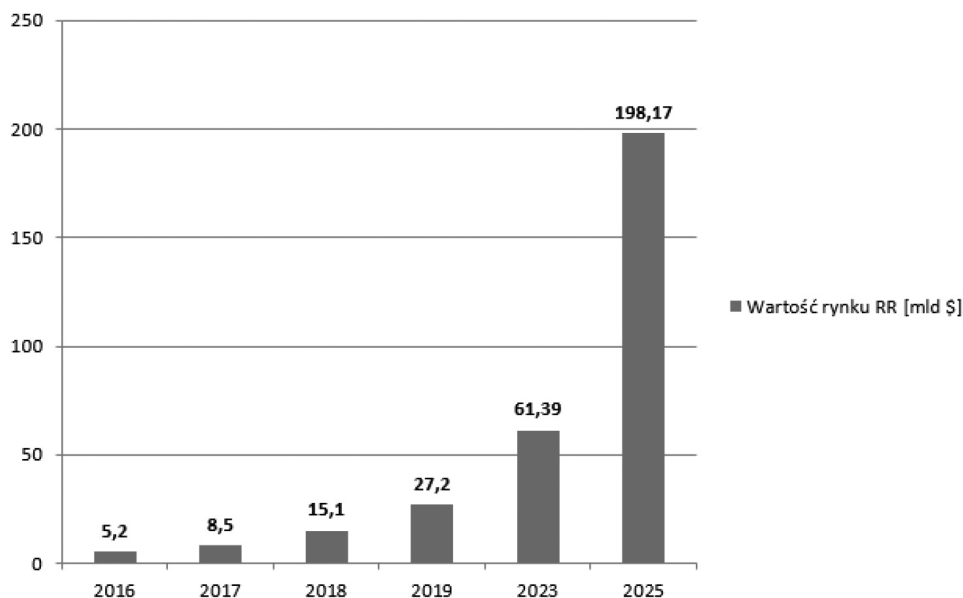
Źródło: opracowanie własne na podstawie https://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2019/08/CTMKT_741609_CTMKT_for_Emerging_Tech_Hype_Cycle_LargerText-1.png (4.11.2019).



Rys. 3.3. Wydatki konsumenckie na treści i aplikacje w rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (RR/RW) na całym świecie w latach 2016-2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.statista.com/statistics/828467/world-ar-vr-consumer-spending-content-apps/> (5.11.2019).

optymistyczną prognozę, przekonując, że w roku 2025 będzie to wartość 200 mld USD – rysunek 3.4.



Rys. 3.4. Wartość rynku rzeczywistości rozszerzonej na świecie w latach 2016-2025

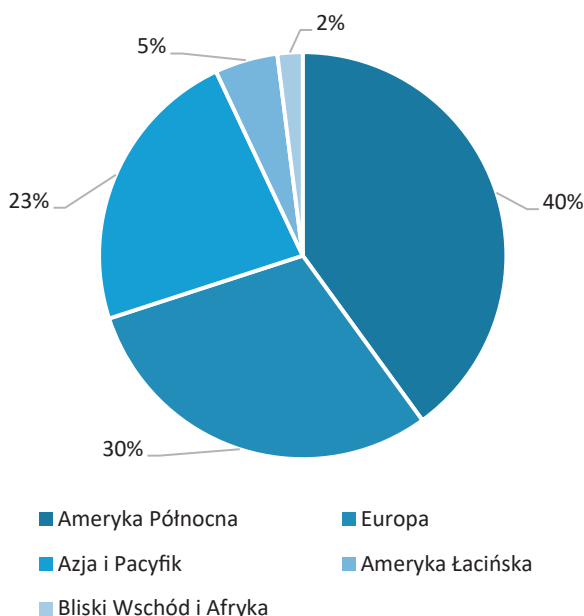
Źródło: opracowanie własne.

Obecnie rynek VR jest większy od AR. Rynek VR specjalizuje się tylko w kilku branżach, takich jak *gaming*, filmy 3D, przemysł czy architektura. Natomiast rynek AR jest podobny do rynku smartfonów czy tabletów – korzystają z niego dziesiątki milionów użytkowników. Znaczny wpływ na jego kształtowanie się wywierać będzie branża produkcyjna.

W roku 2024 Ameryka Północna miała największy udział w rynku, stanowiący ponad 40% globalnych przychodów, z wielkością rynku wynoszącą 43 383,00 mln USD. Wielkość ta będzie rosła ze złożoną roczną stopą wzrostu (CAGR) wynoszącą 34,4% od roku 2024 do roku 2031. Europa miała ponad 30-procentowy udział w globalnym przychodzie, a wielkość rynku wyniosła 32 537,25 mln USD. Azja i Pacyfik miały udział w rynku wynoszący około 23% globalnych przychodów z wielkością rynku wynoszącą 24 945,23 mln USD w 2024 roku – przewiduje się dalszy wzrost przy złożonej rocznej stopie wzrostu (CAGR) wynoszącej 38,2% w latach 2024-2031. Ameryka Łacińska miała w 2024 roku ponad 5-procentowy udział w globalnym przychodzie z wielkością rynku wynoszącą 5422,88 mln USD. Będzie on nadal rósł ze złożoną roczną stopą wzrostu (CAGR) wynoszącą 35,6% od 2024 roku do 2031 roku.

Udział Bliskiego Wschodu i Afryki w globalnym przychodzie wyniósł około 2%, a wielkość rynku oszacowano na 2169,15 mln USD w 2024 roku. Będzie on rósł ze zło-

żoną roczną stopą wzrostu (CAGR) wynoszącą 35,9% od 2024 roku do 2031 roku. Mimo że Dolina Krzemowa jest źródłem wielu innowacji w dziedzinie obliczeń przestrzennych, długoterminowy dochód europejski mógłby stanowić 25% światowego rynku XR – rysunek 3.5.



Rys. 3.5. Wielkość globalnego rynku rozszerzonej rzeczywistości XR w 2024 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie Digi-Capital AR/VR Analytics Platform and Augmented/Virtual Reality Report Q4 2019.

Europejska scena badawcza jest skoncentrowana we Francji (w szczególności w Paryżu i Laval), w Zjednoczonym Królestwie (uniwersytety w Londynie i Manchesterze), oraz Niemczech (Berlin i Monachium). Hiszpania (Barcelona), Szwecja (Sztokholm), Austria, Włochy i Grecja są również zaangażowane w badania wirtualne. Badania i rozwój koncentrują się na opiece zdrowotnej, wykorzystaniu VR w przemyśle lub ogólnym postępie technologii VR i AR. Europejskie uniwersytety są przyzwyczajone do kooperacji w ramach finansowanych projektów międzynarodowych na dużą skalę przez europejskie fundusze badawcze⁴⁸. Jeśli chodzi o europejskie przedsiębiorstwa VR i AR, to Francja, Niemcy, Zjednoczone Królestwo i Holandia są wyraźnymi liderami, z rosnącym rynkiem rzeczywistości wirtualnej i rzeczywistości rozszerzonej w krajach nordyckich (Szwecja

⁴⁸ E. Bezegová, M.A. Ledgard, R.J. Molemaker, B.P. Oberč, A. Vigkos, *Virtual reality and its potential for Europe*, Brussels, Lausanne, May 2017, s. 25.

i Finlandia), Szwajcarii, Hiszpanii, we Włoszech oraz w bardziej ograniczonym zakresie w Europie Wschodniej (Polska i Republika Czeska). Szczególne hot spoty działalności RW można usytuować w Paryżu, Laval, Londynie, Amsterdamie, Berlinie, Monachium, Sztokholmie, Zurychu i Madrycie. Jeśli chodzi o otoczenie biznesowe, to dominują tu Londyn i Amsterdam, w szczególności poprzez stworzenie sprzyjającej atmosfery dla nowych VR i AR start-upów dzięki ich dynamicznemu środowisku biznesowemu i kulturze otwartej na innowacje. Paryż i Sztokholm prawdopodobnie przeżyją szybki rozwój w nadchodzących latach, ponieważ miasta te odnotowują najwyższy roczny wzrost inwestycji.

Potencjał wirtualnej rzeczywistości jest ogromny. Widać to obecnie po bardzo dużym zainteresowaniu sprzętem do wirtualnej rzeczywistości, czyli okularami Oculus, Samsung czy HTC. Na wszystkich targach branżowych, na których są obecni wskazani producenci, zainteresowanie ich goglami jest ogromne. Rynek wirtualnej rzeczywistości dopiero raczkuje, dlatego trudno jednoznacznie określić jego wartość. Prognozy rynkowe są jednak bardzo optymistyczne. Również w Polsce rynek VR coraz szybciej się rozwija, mniejsze kraje, niemające dużych producentów, skupiają się głównie na aplikacjach. Kilku producentów gier komputerowych już ogłosiło, że będzie je przygotowywać. Będzie to dla nich łatwiejsze, ponieważ aplikacje VR i gry komputerowe działają na podobnych silnikach. Choć rynek wirtualnej rzeczywistości wykazuje ogromny potencjał, ocenia się, że nawet czterokrotnie wyższy ma rynek rzeczywistości rozszerzonej. O ile VR ma raczej komercyjne zastosowanie, o tyle AR może się również okazać przydatna między innymi w medycynie. Wiele branż przekonuje się do VR. Na przykład sieć hoteli Marriott testowała usługę VRoom, dzięki której goście mogli zamawiać do pokoju zestaw do rzeczywistości wirtualnej Samsung Gear, uruchomiła także platformę VR Postcards, która pozwalała na wirtualne podróże, jednak to RR może okazać się przyszłością technologii.

Tabela 3.1. Wiodące firmy VR i AR w Polsce w 2020 roku

Nazwa firmy	Usługi
1	2
4experience	Firma oferuje nagrywanie filmów w 360 stopniach, które następnie odtwarzane są w goglach do wirtualnej rzeczywistości. Oprócz tego tworzy specjalne wizualizacje umożliwiające interakcję oraz udostępnia narzędzia pozwalające tworzyć własne obiekty w wirtualnej rzeczywistości. Firma działa w takich sektorach, jak: przemysł, rozrywka, komunikacja, edukacja, szkolenia, bezpieczeństwo, modelowanie 3D, medycyna, marketing, handel elektroniczny, sprzedaż detaliczna, historia, architektura, transport, muzyka.
BerryLife	Firma oferuje aplikacje, filmy, animacje, realizacje RW i RR. W 2016 roku przekształciła się w samodzielną spółkę, która zatrudnia projektantów 2D i 3D, motion designerów, programistów. Wykonuje także filmy 360 stopni, aplikacje na urządzenia zarówno mobilne, jak i wielkopowierzchniowe ekrany dotykowe, animacje 2D, wirtualne spaceru oraz niestandardowe rozwiązania interaktywne. Specjalizacją firmy jest pełna immersja.

Tabela 3.1, cd.

1	2
Destinations VR	Firma jest pionierem w obszarze wdrażania technologii wirtualnej rzeczywistości w branży hotelarskiej. Tworzy zaawansowane, interaktywne wizualizacje 3D.
Dreamplex	Firma zajmuje się skanowaniem mieszkań, a następnie ich przenoszeniem do wirtualnej rzeczywistości. Dzięki temu agenci nieruchomości mogą prezentować oferty w biurze lub w dowolnym innym miejscu: nie tylko na goglach, ale też komputerach czy smartfonach. Mieszkanie w RW oglądać można z różnych perspektyw, nawet z góry (co jest niemożliwe podczas tradycyjnej wizyty). Dzięki specjalnie przygotowanej aplikacji uruchamianej na komputerze, tablecie lub smartfonie łączy obraz rzeczywisty z obrazem generowanym komputerowo. Dzięki temu można postawić na realnym obiekcie, np. stole konferencyjnym, wirtualną makietę nieruchomości lub innego produktu. Widzowie, poruszając się naturalnymi ruchami dookoła wizualizacji, mogą oglądać ją z każdej strony. Wizualizację może oglądać dowolna liczba osób. Generowanie wizualizacji w czasie rzeczywistym umożliwia zmianę jej elementów, kolorów oraz dodawanie animacji.
i3d	Firma tworzy nie tylko aplikacje i prezentacje na RW. Jej dziełem jest Quazar3D: otwarte środowisko graficzne, które może być rozwijane w zależności od potrzeb klienta lub konkretnego projektu, dając możliwość efektywnej komunikacji. Korzystać z niego mogą zarówno profesjonalści (programiści, inżynierzy, graficy, pracownicy naukowcy), jak i osoby bez doświadczenia w programowaniu (studenci, uczniowie). Intuicyjny moduł programowania graficznego i zastosowanie programowania obiektowego umożliwiają użytkownikom programowanie interakcji symulacji w przystępny sposób.
Immersion	Firma tworzy aplikacje i prezentacje dla branż nieruchomości, motoryzacyjnej, medycznej czy marketingowej. Firma na swoim koncie ma między innymi wizualizację jeszcze niewybudowanego centrum Poznania – była to pierwsza prezentacja centrum handlowego wykonana w technologii wirtualnej rzeczywistości. Immersion zrealizowało także kampanię społeczną, w której spojrzeć można było na pracę pielęgniarzek ich oczami. Studio zrealizowało pierwszą polską aplikację na Samsung Gear VR – Pompeje: „Życie w cieniu wulkanu”. Na swoim koncie firma ma również aplikację promującą polski serial „Pakt” wyprodukowany przez HBO.
InPlanner	Firma działająca w Łodzi współpracuje z architektami, tworząc dla nich w wirtualnej rzeczywistości prezentacje wnętrz. Dzięki temu klienci firmy mogą spacerować po mieszkaniu, zanim w nim zamieszkają lub wprowadzą w nim zmiany.
LemonOrange	Firma dostarcza rozwiązania oparte na rzeczywistości rozszerzonej dla urządzeń mobilnych, stron internetowych i dużych ekranów. Łączy świat rzeczywisty z rzeczywistością generowaną przez komputer, tworząc unikalne narzędzia sprzedażowe i marketingowe. Zajmuje się również wynajmem sprzętu do wyświetlania aplikacji (ekrany dotykowe, stoły wielodotykowe) do tak zwanej stacjonarnej rzeczywistości rozszerzonej.
LemonVR	Firma zajmuje się produkcją prezentacji w wirtualnej rzeczywistości. Na swoim koncie ma też minigry, wśród których znajduje się między innymi przejazd kolejką górską. LemonVR organizuje pokazy; ich gry i aplikacje można wynająć na konferencje, imprezy rodzinne i inne wydarzenia.

1	2
Luminator	Firma tworzy aplikacje i prezentacje osadzone w RW i RR. Firma dostarcza rozwiązania oparte na rzeczywistości rozszerzonej dla urządzeń mobilnych i stron internetowych. Jest współtwórcą portalu XR.plus – platformy do dzielenia się treściami RR bezpośrednio przez przeglądarkę internetową. W ramach RR wykonała już ponad 90 usług w tym obszarze. Najbardziej znaną jest aplikacja AR opracowana na potrzeby Hydropolis – Centrum Wiedzy Ekologicznej.
Lune	Firma tworzy aplikacje działające na Oculus Rift. Firma nie tylko skupia się na klientach biznesowych, ale też proponuje swoje usługi muzeom, urzędom czy szkołom. Są one spersonalizowane i skonstruowane tak, by zaspokoić potrzeby najbardziej wymagających klientów. Lune w swoich marketingowych akcjach wykorzystuje Oculus Rift, Leap Motion, Kinecta czy rozszerzoną rzeczywistość.
Mindshare Polska	Firma tworzy aplikacje działające na Oculus Rift, skupiając na marketingu. Specjalizuje się w realizacji kampanii reklamowych wykorzystujących najnowsze trendy, technologie i kanały komunikacji.
Multitap	Firma zajmuje się tworzeniem aplikacji i prezentacji. Działa w branży hotelarskiej, budownictwie, motoryzacji, turystycznej i w szkolnictwie. Tworzy na zarówno Oculus Rift, jak i Samsung Gear.
New Amsterdam	Firma tworzy aplikacje w ramach rzeczywistości zarówno wirtualnej, jak i rozszerzonej. Głównymi odbiorcami New Amsterdam są muzea oraz inne instytucje kultury. W portfolio firma ma wystawy stworzone dla Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie czy Muzeum Emigracji w Gdyni. Jeżeli chodzi o projekty komercyjne, to New Amsterdam może pochwalić się współpracą z T-Mobile czy BOSCH/Siemens w Warszawie.
theConstruct	Produkty firmy mają zastosowanie głównie w obszarze budownictwa i aranżacji wnętrz. theConstruct opracowała program, za pomocą którego architekci oraz konstruktorzy mogą przenieść swój obiekt do wirtualnej rzeczywistości. Dzięki temu można spacerować po wirtualnym domu lub mieszkaniu. Firma ma na swoim koncie także współpracę z polskimi i holenderskimi markami. Ich najnowsza aplikacja to theArchitect, umożliwiająca spacer po wirtualnym apartamencie.
The Farm 51	Firma oferuje nowoczesne rozwiązania wykorzystujące najnowsze osiągnięcia w dziedzinie technologii oraz kompleksowe aplikacje bazujące na fotorealistycznej grafice. Korzysta z wszelkich dostępnych nowoczesnych rozwiązań: skanów lokacji i obiektów 3D, zdjęć sferycznych, filmów stereoskopowych oraz rozwiązań z segmentu rzeczywistości rozszerzonej. Wszystkie jej rozwiązania są przystosowane do okularów VR, m.in. HTC Vive, Oculus, Samsung Gear VR, HoloLens czy PlayStation VR.
VR One	Firma ma na swoim koncie współpracę z takimi markami, jak Cadillac czy Pepsi. Jest zlokalizowana w Gdyni. Tworzy proste gry, aplikacje i wizualizacje wykorzystujące wirtualną rzeczywistość.
VR Premium	Firma tworzy prezentacje i wizualizacje dla branż motoryzacyjnej, hotelarskiej, turystycznej. Oprócz tego oferuje nagrywanie reklam w wirtualnej rzeczywistości oraz relację z imprez, które później można odtwarzać w 360 stopniach, także za pomocą gogli. Najnowszy projekt studia to film realizowany dla Lasów Państwowych o rewitalizacji byłych poligonów, dający możliwość zanurzenia się w świecie rekultywacji poligonów, uczestniczenia w pracach saperów, jazdy samochodem terenowym po wrzosowiskach, obejrzenia z bliska detonacji zgromadzonych niewypałów, stanięcia oko w oko z żubrem.

Tabela 3.1, cd.

1	2
Workroomgroup	Firma tworzy aplikacje na potrzeby wirtualnej oraz rozszerzonej rzeczywistości. Jest agencją reklamową. Przenosi budynki i mieszkania do wirtualnej rzeczywistości, dzięki czemu można zobaczyć projekt, zanim zostanie zrealizowany. Do prezentacji wykorzystuje własną technologię Xwalk, umożliwiającą wgląd w wirtualny plan biura 1:1 z prawdziwym widokiem za oknem.
11th Dimension	Firma z dużym doświadczeniem w zakresie tworzenia aplikacji, reklam, animacji i wizualizacji przestrzennej. Buduje контент RW od podstaw lub współpracując z klientami w celu dostosowania posiadanych przez nich materiałów graficznych i filmowych do formatów pozwalających na ich wykorzystanie w VR. Zapewnia nie tylko realizację, ale również koncepcję i scenariusze tworzonych aplikacji. Firma realizuje wszystkie projekty.
EpicVR	Firma oferuje nagrywanie filmów w 360 stopniach, które następnie są odtwarzane w goglach do wirtualnej rzeczywistości. Tworzy aplikacje zarówno RW, jak i RR. Główny obszar jej działania to marketing, szkolenia, przemysł, medycyna/anatomia, architektura, rozrywka, gry.
Illusion Ray	Firma zajmuje się tworzeniem filmów 3D oraz gier komputerowych zapewniających pełne zanurzenie w świecie wirtualnym. Specjalizuje się również w produkcji i montowaniu filmów w 360 stopniach.
LojKe	Firma zajmuje się tworzeniem filmów 3D oraz aplikacji RW i RR w obszarze medycyny. Oprócz tradycyjnych nagrań w 360 stopniach przygotowuje specjalne wizualizacje w RW dla dzieci chorych na raka. Projekt ma być rozwijany przy współpracy z wrocławską kliniką, która zyska większy dostęp do wirtualnej rzeczywistości.

Źródło: opracowanie własne.

Dowodem na rosnące znaczenie rzeczywistości wirtualnej i rzeczywistości rozszerzonej w Polsce była konferencja Augmented Advertising & Sales Conference, odbyła się w Warszawie 16 maja 2019 roku jako pierwsze tego typu wydarzenie nie tylko w naszym kraju, ale także w rejonie Europy Środkowo-Wschodniej.

Chwilowe spowolnienie, jakie miało miejsce w 2018 roku, pozwoliło racjonalnie podejść do wdrożeń w biznesie, zmiany nastawienia do tej technologii jako celu, a przyjęcie jej jako efektywnego narzędzia rozwiązywania problemów pozwoliło na dynamiczny rozwój. W 2019 roku na rynku pojawiały się nowe modele urządzeń służących do obsługi VR i AR. Analizując sytuację, przyłożmy ostatnie kilka lat rozwoju branży VR i AR do schematu zwanego krzywą hype'u Gartnera. Na wykresie tej krzywej widać, jak branża przechodziła przez zdefiniowane trzy obszary rozwoju technologicznego: wyzwolenia technologii, następnie szczytu nadmiernych oczekiwań, doliny rozczarowania, by finalnie znaleźć się w fazie zwanej zbroczem oświecenia. Zdaniem autora niniejszej monografii pełny rozwój i upowszechnienie technologii VR i AR nastąpi w kilku najbliższych latach na fali nowych, potrzebnych i wnoszących wartość wdrożeń.

3.3. Założenia badawcze i wielowymiarowa analiza porównawcza w zakresie rzeczywistości rozszerzonej

W prezentowanej pracy wykorzystano kilka dostępnych powszechnie metod badawczych. W części teoretycznej podstawową metodą było studium literatury przedmiotu oparte na wykorzystaniu pierwotnych i wtórnych źródeł. Źródła wtórne stanowiły publikacje naukowe, roczniki i materiały statystyczne publikowane przez różne ośrodki badawcze. W części teoretycznej podjęto kwestie związane z istotą zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym i jego procesami logistycznymi, a także przedstawiono usystematyzowaną wiedzę w tym zakresie. Opierając się na rozważaniach teoretycznych, wskazano wzrastające znaczenie wykorzystywania innowacji, którymi są rzeczywistość wirtualna oraz rzeczywistość rozszerzona, co stanowi podmiot badawczy niniejszej monografii.

Celem badawczym pracy było przeprowadzenie analizy w obszarze technologii rzeczywistości rozszerzonej w zakresie stworzenia nowego sposobu zarządzania procesami logistycznymi, mającymi na celu nie tylko podniesienie produktywności, ale również zwiększenie poziomu jakości procesów logistycznych, kreując tym samym nowe elementy konkurencyjności przedsiębiorstwa produkcyjnego. Badaniu poddano przedsiębiorstwa małe, średnie i duże. Respondentami byli menedżerowie zarządzający przedsiębiorstwami, menedżerowie logistyki, menedżerowie działów *lean management* oraz pracownicy tychże przedsiębiorstw produkcyjnych. Teren badań stanowiła Europa. Okres badawczy obejmował lata 2019-2020. Łącznie zbadano 375 przedsiębiorstw produkcyjnych. Populację przedsiębiorstw produkcyjnych stanowiły przedsiębiorstwa należące do branży *automotive*. Badane przedsiębiorstwa produkcyjne w czasie analizy posiadały status aktywny.

Do badań wybrano przedsiębiorstwa, z którymi autor współpracował na co dzień jako menedżer działów logistyki, planowania oraz spraw celnych. Do wybranych organizacji wysłano prośbę o udział w badaniu. Pozytywną odpowiedź otrzymano od wszystkich przedsiębiorstw. Ze względu na wielkość próby (badanie zarówno przedsiębiorstw, jak również pracowników wylosowanych organizacji) oraz czasochłonność badań próby nie zwiększono. Do badań dojrzałości technologii rzeczywistości rozszerzonej wybrano po jednym pracowniku ze średnich przedsiębiorstw, a także po jednym pracowniku z przedsiębiorstw dużych, uzyskując w ten sposób próbę wynoszącą 375 osób.

Proces ankietowania odbywał się poprzez wywiad telefoniczny oraz elektroniczny (otrzymanie wypełnionych kwestionariuszy pytań drogą elektroniczną). Badanie przeprowadzono od 4 listopada 2019 roku do 31 marca 2020 roku, uzupełniając i uzyskując dodatkowe dane z przeprowadzonych wywiadów z pracownikami przedsiębiorstw w kwietniu 2020 roku (10 wywiadów).

Wykorzystane kwestionariusze pytań zawierały pytania pozwalające na uzyskanie informacji o:

- wieku, wielkości oraz zasięgu działalności przedsiębiorstwa,
- znajomości technologii rzeczywistości rozszerzonej, wiedzy o jej zastosowaniu i kosztach,

- podejściu do zastosowania technologii AR w aspektach technicznym, zarządczym i społecznym,
- otwartości na proces wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej,
- rodzajach innowacji wprowadzanych przez przedsiębiorstwa oraz barier wdrażania innowacji.

Przez przyjęcie następujących założeń, a następnie wykonanie badań, możliwa była weryfikacja prawdziwości hipotez badawczych przyjętych w pracy.

Do charakterystyki badanych oraz analizy ich odpowiedzi na poszczególne pytania użyto rozkładów procentowych. Statystyczna istotność różnic odpowiedzi dwóch grup była sprawdzana za pomocą testu Chi-kwadrat lub testu Fishera.

Test Chi-kwadrat

Test niezależności wykonano w celu zbadania związku między dwoma zmiennymi nominalnymi x i y .

Hipotezy testu były następujące:

H_0 : zmienne x i y są niezależne.

H_1 : zmienne x i y nie są niezależne.

Test Chi-kwadrat bazuje na porównaniu wartości obserwowanych (otrzymanych w badaniu) i wartości teoretycznych (obliczonych przy założeniu, że pomiędzy zmiennymi nie ma żadnego związku). Duże różnice wskazują na istnienie zależności między zmiennymi. Jeśli założymy, że zmienna x zmienia się na k poziomach, a zmienna y na s poziomach, to statystykę testową obliczymy, korzystając ze wzoru (3.1)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - n'_{ij})^2}{n'_{ij}} \quad (3.1)$$

gdzie: n_{ij} – licznosci obserwowane, n'_{ij} – licznosci teoretyczne.

Test Fishera dla tabel $r \times c$

Test Fishera dla tabel $r \times c$, zwany również testem Fishera-Freemana-Haltona, jest rozszerzeniem na tabele testu dokładnego Fishera. Określa dokładne prawdopodobieństwo wystąpienia konkretnego rozkładu liczb w tabeli przy znanym n i ustalonych sumach brzegowych. Jeśli sumy brzegowe wierszy zdefiniowane są jako (wzór 3.2):

$$W_i = \sum_{j=1}^c O_{ij} \quad (3.2)$$

gdzie: O_{ij} – licznosci obserwowane w tabeli kontyngencji,

a sumy brzegowe kolumn jako wzór (3.3):

$$K_i = \sum_{i=1}^r O_{ij} \quad (3.3)$$

to przy ustalonych sumach brzegowych dla różnych układów wartości obserwowanych oznaczonych jako U_{ij} wyznaczane są prawdopodobieństwa P w następujący sposób (3.4):

$$P = \frac{D^{-1} \prod_{j=1}^c K_j!}{U_{1j}! U_{2j}! \dots U_{rj}!} \quad (3.4)$$

gdzie

$$D = \frac{(W_1 + W_2 + \dots + W_r)!}{W_1! W_2! \dots W_r!}. \quad (3.5)$$

Dokładny poziom istotności P jest sumą tych prawdopodobieństw P (wyznaczonych dla nowych wartości U_{ij}), które są mniejsze lub równe prawdopodobieństwu P tabeli z wartościami początkowymi O_{ij} . Następnie dokładna wartość P porównywana jest z poziomem istotności α .

Związki między badanymi zmiennymi zostały ocenione za pomocą modeli regresji. Ze względu na fakt, że we wszystkich badanych przypadkach zmienna objaśniana była dychotomiczna, użyto regresji logistycznej. Tablice wynikowe modeli dostarczyły informacji o tym, jaki jest stosunek szans na twierdzącą odpowiedź w pytaniu, z którym utożsamiana jest zmienna objaśniana dla kategorii referencyjnej zmiennej objaśniającej i kategorii badanej. Dostarczyły również informacji o tym, czy różnice w prawdopodobieństwach dla nich mają istotność statystyczną.

3.4. Syntetyczne wyniki badań

Grupę badaną stanowiło 375 osób. Zbiorowość ta została podzielona nad dwie grupy. Podziału dokonano na podstawie informacji o tym, czy w przedsiębiorstwie, którego pracownikiem jest dana osoba, wykorzystuje się badaną technologię. Grupa pierwsza, którą stanowili badani pracujący w firmach wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość, liczyła 129 osób. Liczebność drugiej grupy, w której znaleźli się pracownicy przedsiębiorstw niekorzystających z tej technologii, stanowiło 246 osób.

Większość osób (246) biorących udział w badaniu pracuje w przedsiębiorstwach, które nie wykorzystują technologii rzeczywistości rozszerzonej. Spośród tych osób 88,6% zadeklarowało chęć jej wykorzystania. Jedynie 129 badanych zadeklarowało, że w miejscu ich pracy została wdrożona omawiana technologia.

Spośród rozważanych kategorii wiekowych najwięcej ankietowanych osób było w wieku 36-45 lat (46,1%), zaś tylko jedna osoba biorąca udział w badaniu (0,3%) miała więcej niż 55 lat. Różnice w rozkładzie wieku między pracownikami przedsiębiorstw wykorzystujących technologię rzeczywistości rozszerzonej i tych, w których ta technologia nie została jeszcze wykorzystana, okazały się istotne statystycznie ($p < 0,001$; test Fishera). W pierwszej z wymienionych grup najliczniejszą grupą wiekową były osoby mające

Tabela 3.2. Charakterystyka respondentów

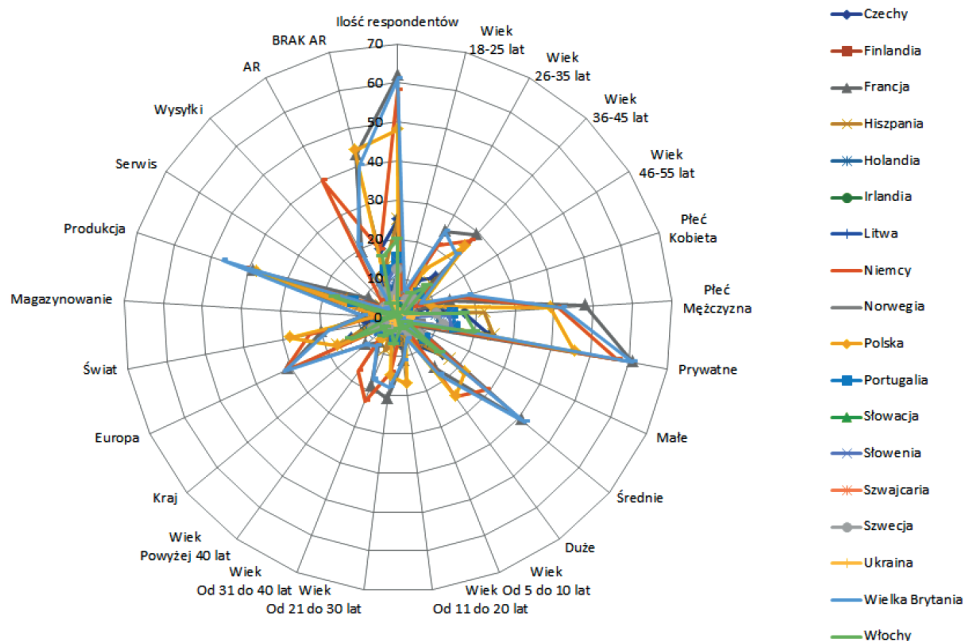
Zmienna	Parametr	Ogółem (N = 375)	Przedsię- biorstwa korzystające z technologii rzeczywistości rozszerzonej (grupa 1) (N = 129)	Przedsię- biorstwa, które nie korzystają z technologii rzeczywistości rozszerzonej (grupa 2) (N = 246)	Test	p-wartość
1	2	3	4	5	6	7
Wiek	18-25 lat	5,9% (N = 22)	8,5% (N = 11)	4,5% (N = 11)	Fisher	0,0013
	26-35 lat	37,9% (N = 142)	47,3% (N = 61)	32,9% (N = 81)		
	36-45 lat	46,1% (N = 173)	40,3% (N = 52)	49,2% (N = 121)		
	46-55 lat	9,9% (N = 37)	3,9% (N = 5)	13% (N = 32)		
	ponad 55 lat	0,3% (N = 1)	0% (N = 0)	0,4% (N = 1)		
Płeć	kobieta	68,5% (N = 257)	89,5% (N = 115)	59,3% (N = 146)	Fisher	< 0,001
	mężczyzna	31,5% (N = 118)	10,5% (N = 14)	40,7% (N = 100)		
Kraj, w którym Pan/Pani pracuje	Czechy	6,7% (N = 25)	5,4% (N = 7)	7,3% (N = 18)	Chi- kwadrat	< 0,001
	Finlandia	0,3% (N = 1)	0% (N = 0)	0,4% (N = 1)		
	Francja	16,5% (N = 62)	14,7% (N = 19)	17,5% (N = 43)		
	Hiszpania	6,7% (N = 25)	9,3% (N = 12)	5,3% (N = 13)		
	Holandia	2,9% (N = 11)	3,1% (N = 4)	2,8% (N = 7)		
	Irlandia	0,8% (N = 3)	0% (N = 0)	1,2% (N = 3)		
	Litwa	1,6% (N = 6)	0% (N = 0)	2,4% (N = 6)		
	Niemcy	15,5% (N = 58)	31% (N = 40)	7,3% (N = 18)		
	Norwegia	1,6% (N = 6)	2,3% (N = 3)	1,2% (N = 3)		
	Polska	12,8% (N = 48)	3,1% (N = 4)	17,9% (N = 44)		

1	2	3	4	5	6	7
	Portugalia	4% (N = 15)	2,3% (N = 3)	4,9% (N = 12)		
	Słowacja	0,8% (N = 3)	0% (N = 0)	1,2% (N = 3)		
	Słowenia	3,7% (N = 14)	3,1% (N = 4)	4,1% (N = 10)		
	Szwajcaria	0,3% (N = 1)	0,8% (N = 1)	0% (N = 0)		
	Szwecja	3,2% (N = 12)	5,4% (N = 7)	2% (N = 5)		
	Ukraina	1,1% (N = 4)	0% (N = 0)	1,6% (N = 4)		
	Wielka Brytania	16,3% (N = 61)	16,3% (N = 21)	16,3% (N = 40)		
	Włochy	5,3% (N = 20)	3,1% (N = 4)	6,5% (N = 16)		
Czy przedsiębiorstwo, w którym Pan/Pani pracuje, jest	prywatne	97,9% (N = 367)	99,2% (N = 128)	97,2% (N = 239)	Fisher	0,2722
	publiczne	2,1% (N = 8)	0,8% (N = 1)	2,8% (N = 7)		
W jak dużym przedsiębiorstwie Pan/Pani pracuje?	małe (10-49 pracowników)	5,6% (N = 21)	0% (N = 0)	8,5% (N = 21)	Fisher	< 0,001
	średnie (50-249 pracowników)	63,2% (N = 237)	58,1% (N = 75)	65,9% (N = 162)		
	duże (od 250 pracowników)	31,2% (N = 117)	41,9% (N = 54)	25,6% (N = 63)		
Jak długo działa na rynku przedsiębiorstwo, w którym Pan/Pani pracuje?	od 5 do 10 lat	3,5% (N = 13)	3,1% (N = 4)	3,7% (N = 9)	Fisher	0,1113
	od 11 do 20 lat	21,3% (N = 80)	25,6% (N = 33)	19,1% (N = 47)		
	od 21 do 30 lat	31,5% (N = 118)	24% (N = 31)	35,4% (N = 87)		
	od 31 do 40 lat	26,4% (N = 99)	25,6% (N = 33)	26,8% (N = 66)		
	powyżej 40 lat	17,3% (N = 65)	21,7% (N = 28)	15% (N = 37)		
Jaki zasięg działalności ma przedsiębiorstwo,	Europa	53,6% (N = 201)	52,7% (N = 68)	54,1% (N = 133)	Chi-kwadrat	< 0,001

Tabela 3.2, cd.

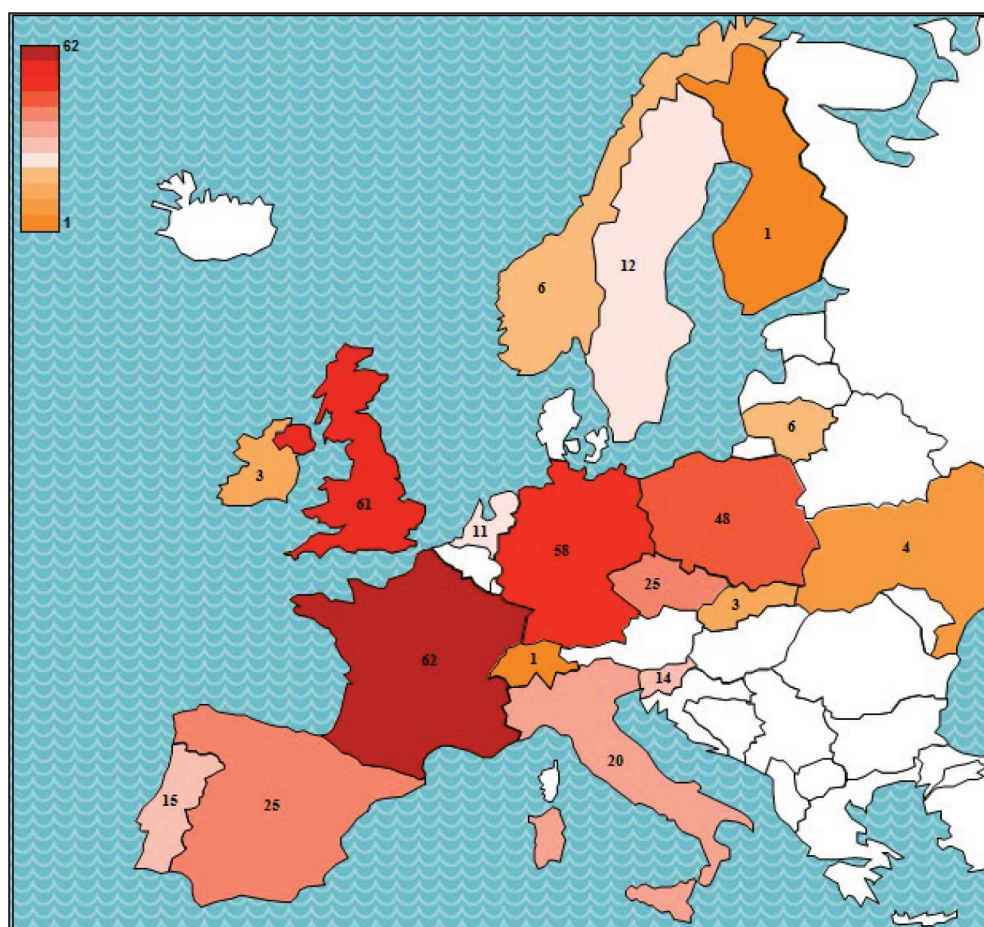
1	2	3	4	5	6	7
w którym Pan/Pani pracuje?	kraj	14,9% (N = 56)	5,4% (N = 7)	19,9% (N = 49)		
	świat	31,5% (N = 118)	41,9% (N = 54)	26% (N = 64)		
Do jakiej branży należy przedsiębiorstwo, w którym Pan/Pani pracuje?	księgowość	0,3% (N = 1)	0% (N = 0)	0,4% (N = 1)	Fisher	< 0,001
	magazynowanie	12,8% (N = 48)	20,2% (N = 26)	8,9% (N = 22)		
	motoryzacja	0,5% (N = 2)	0% (N = 0)	0,8% (N = 2)		
	produkcja	71,5% (N = 268)	58,1% (N = 75)	78,5% (N = 193)		
	serwis	9,1% (N = 34)	12,4% (N = 16)	7,3% (N = 18)		
	transport	1,3% (N = 5)	2,3% (N = 3)	0,8% (N = 2)		
	wysyłki	4,5% (N = 17)	7% (N = 9)	3,3% (N = 8)		

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.6. Struktura odpowiedzi respondentów

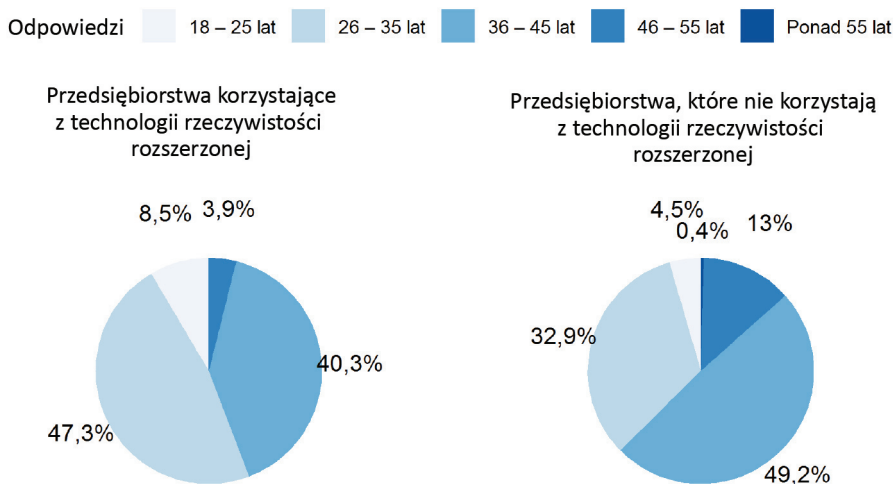
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.7. Rozmieszczenie respondentów

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

26-35 lat (47,3%), zaś w drugiej dominowali badani w wieku 36-45 lat (49,2%). Wśród badanych niemających styczności z technologią rzeczywistości rozszerzonej drugą najliczniejszą grupę wiekową stanowiły osoby mające 26-35 lat, zaś w przypadku pracowników przedsiębiorstw, w których zaimplementowano technologię AR, do grupy tej należeli ankietowani mający 36-45 lat. W grupie pierwszej większy był odsetek osób zaliczających się do najmłodszej grupy wiekowej (18-25 lat), natomiast w grupie drugiej większa liczba osób należała do kategorii wiekowej powyżej 46 roku życia (rysunek 3.8).



Rys. 3.8. Wiek badanych w obu grupach

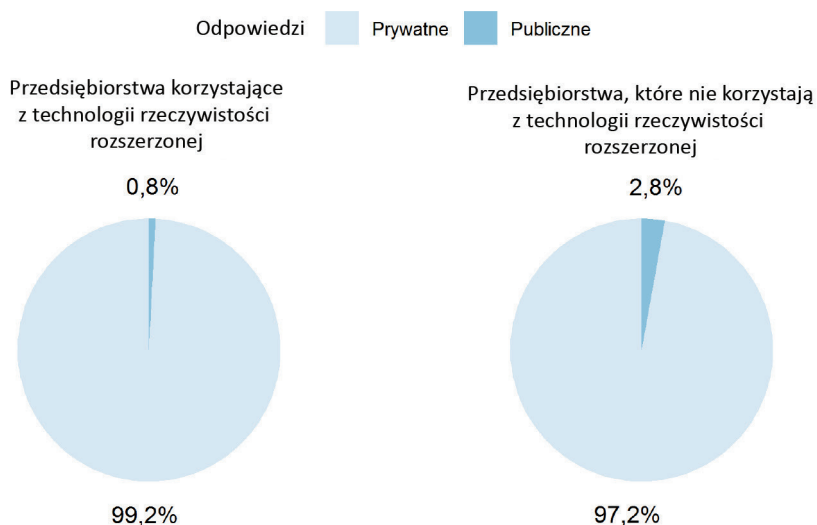
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Najliczniejszą grupą respondentów były osoby pracujące we Francji (16,5%) i w Wielkiej Brytanii (16,3%). Różnice dotyczące kraju, w którym pracowały osoby udzielające odpowiedzi na pytania, również okazały się istotne statystycznie ($p < 0,001$; test Chi-kwadrat). Największy odsetek respondentów pracujących w przedsiębiorstwach wykorzystujących rzeczywistość rozszerzoną pracował w Niemczech, natomiast w przypadku przedsiębiorstw, które nie wykorzystują tej technologii, najwięcej osób pracowało w Polsce.

Zdecydowana większość (97,9%) respondentów pracowała w przedsiębiorstwach prywatnych, a różnice między dwoma badanymi grupami nie były istotne statystycznie (rysunek 3.9).

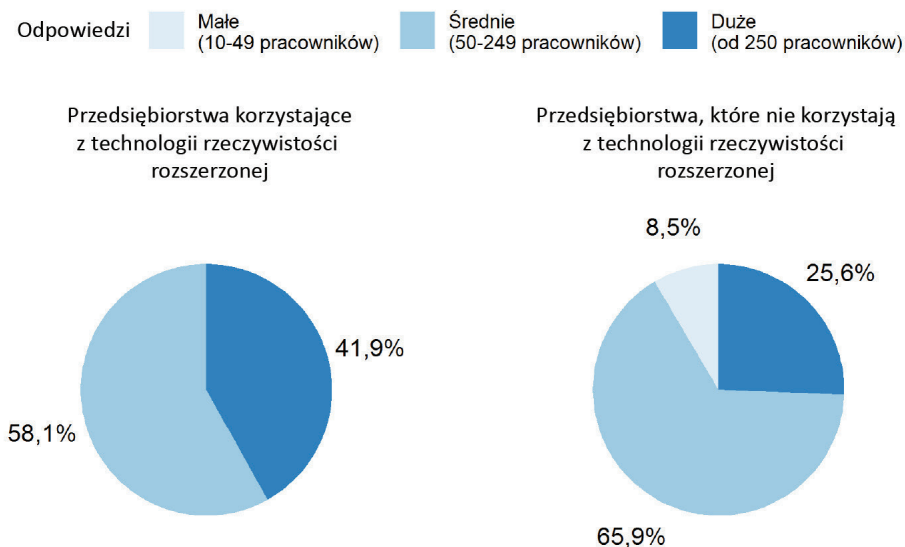
Największa liczba respondentów była zatrudniona w przedsiębiorstwach o średniej wielkości (50-249 pracowników). W przypadku osób pracujących w przedsiębiorstwach, w których wykorzystywana jest technologia rzeczywistości rozszerzonej, i tych, w których nie używa się tej technologii, różnice w rozkładzie wielkości przedsiębiorstw są znaczące ($p < 0,001$; test Fishera) (rysunek 3.10).

Najwięcej firm, których pracownicy brali udział w badaniu, funkcjonuje na rynku od 20 do 31 lat. Większość z nich działa w zasięgu europejskim. W przypadku firm, w których zastosowanie znajduje rzeczywistość rozszerzona, zdecydowanie większy odsetek niż w przypadku przedsiębiorstw niewykorzystujących tej technologii ma zasięg światowy. W drugiej z wymienionych grup istotnie większy odsetek stanowią firmy o zasięgu krajowym. Różnice między grupami w tej kategorii były istotne statystycznie (rysunek 3.11).



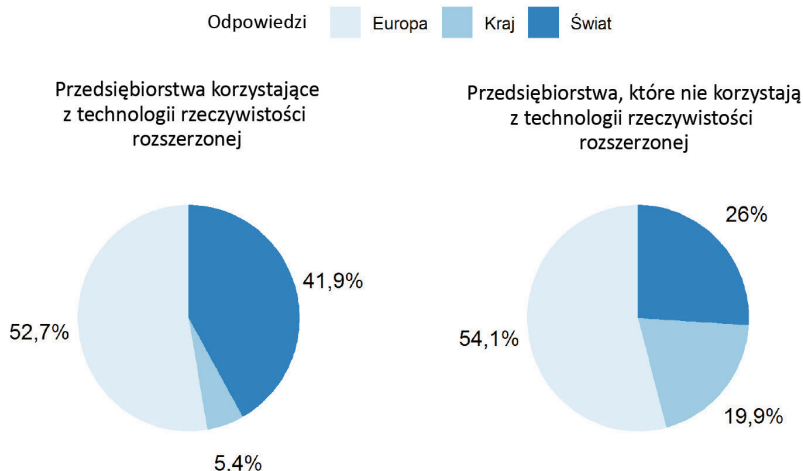
Rys. 3.9. Formy własności przedsiębiorstw, w których pracują respondenci

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.10. Wielkość przedsiębiorstw, w których pracują respondenci

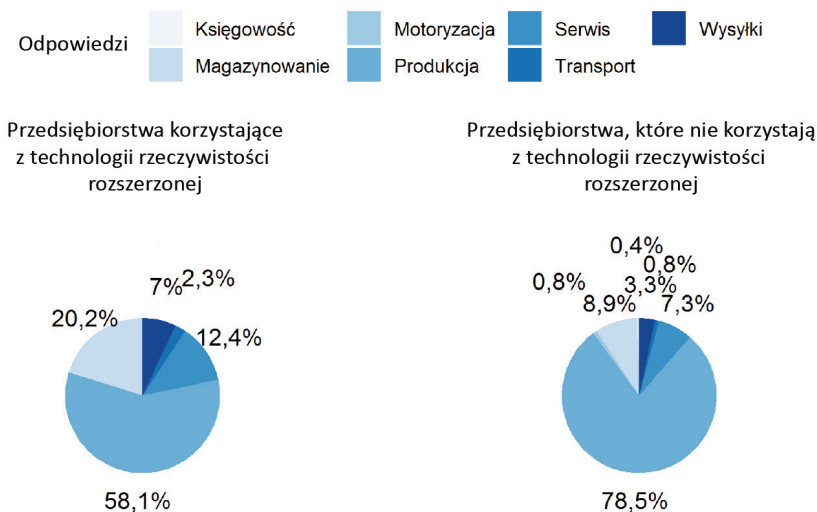
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.11. Zasięg przedsiębiorstw, w których pracują respondenci

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

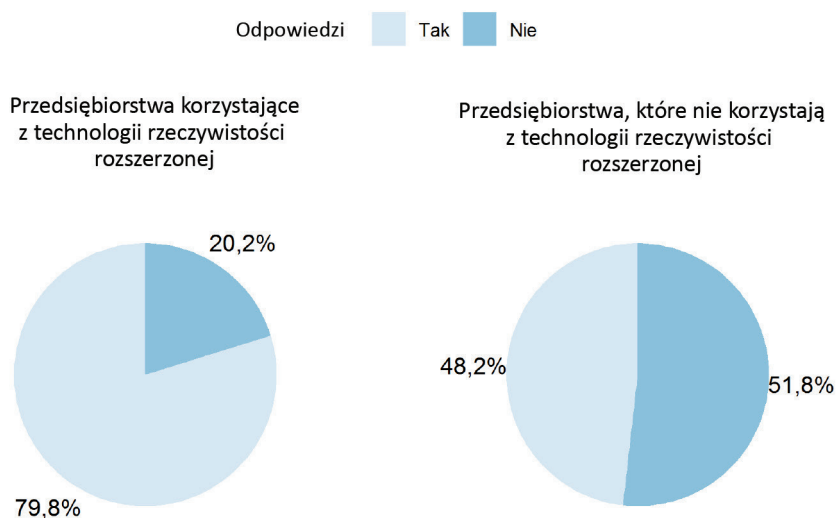
Ponad 70% badanych było pracownikami przedsiębiorstwa branży produkcyjnej. Rozkład dziedzin, którymi zajmują się przedsiębiorstwa, których pracownicy brali udział w badaniu, różnił się w sposób istotny między dwoma badanymi grupami ($p < 0,001$; test Fishera) (rysunek 3.12).



Rys. 3.12. Branże przedsiębiorstw, w których pracują respondenci

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

W badanej grupie 59,1% respondentów miało świadomość kosztów wprowadzenia rzeczywistości rozszerzonej. Przeprowadzając test Chi-kwadrat ($p < 0,05$), wykazano występowanie statystycznie istotnych różnic między odpowiedziami udzielonymi przez osoby pracujące w przedsiębiorstwach, w których została wdrożona technologia rzeczywistości rozszerzonej – znajomość kosztów deklarowało 79,8% badanych, a osobami z grupy niemającej do czynienia z technologią AR, w której odsetek ten wynosił 48,2% (rysunek 3.13).



Rys. 3.13. Świadomość respondentów dotycząca kosztów, z jakimi związane jest zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

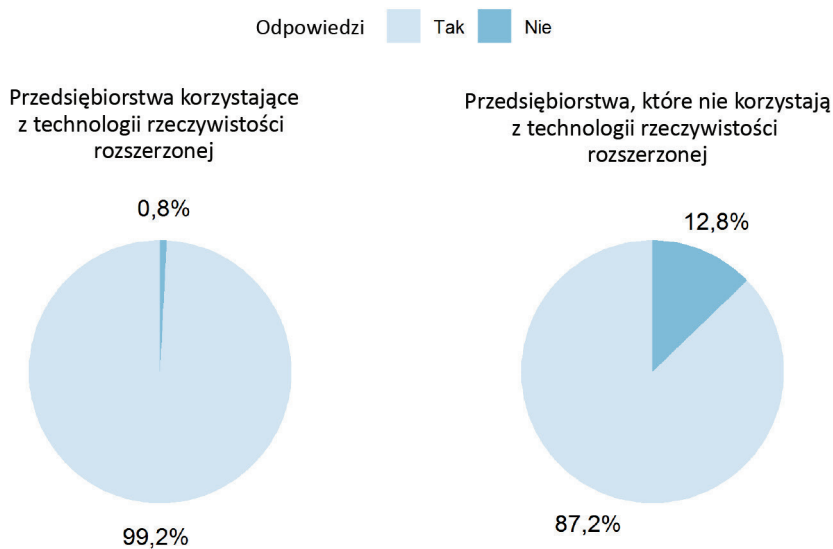
Na pytanie o zorientowanie na doskonalenie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie zdecydowana większość (94,9%) ankietowanych odpowiedziała twierdząco. Wśród respondentów mających w przedsiębiorstwie kontakt z technologią rzeczywistości rozszerzonej zaobserwowano jednak większy, wynoszący 99,2%, udział pozytywnych odpowiedzi niż u osób niemających takiej styczności – odsetek ten wynosił 92,7%. Przeprowadzenie testu Fishera wskazało na istotność tej różnicy ($p < 0,01$) (rysunek 3.14).

Efektywność procesów w przedsiębiorstwie łączyło z wprowadzeniem technologii rzeczywistości rozszerzonej 99,2% badanych z grupy mającej styczność w przedsiębiorstwie z AR oraz 87,2% osób z pozostałej części ankietowanych. Po raz kolejny zauważono istotną statystycznie różnicę w odpowiedziach osób należących do różnych grup ($p < 0,001$; test Fishera) (rysunek 3.15).



Rys. 3.14. Zorientowanie respondentów na doskonalenie procesów logistycznych w ich przedsiębiorstwach

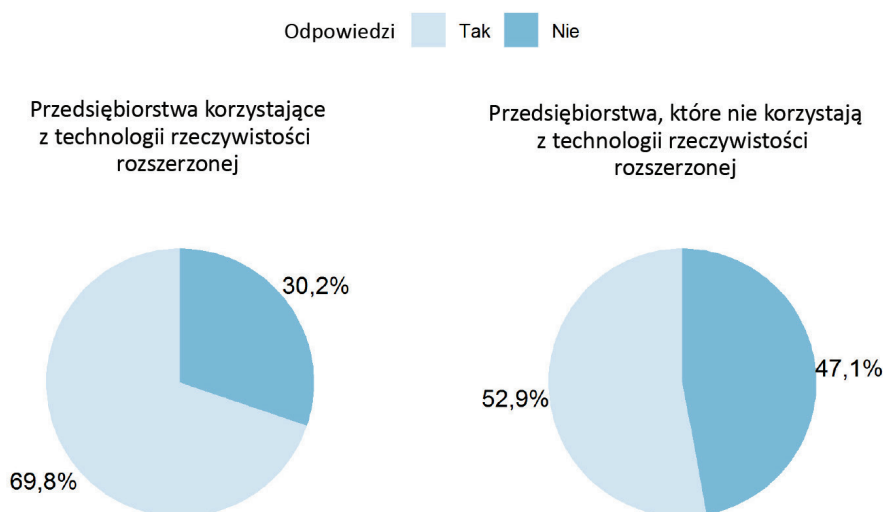
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.15. Utożsamianie efektywności procesów w przedsiębiorstwie z wprowadzaniem technologii rzeczywistości rozszerzonej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Na pytanie o wpływ wprowadzenia technologii AR na zmniejszenie zatrudnienia w przedsiębiorstwie siedmiu na dziesięciu (69,8%) badanych mających styczność z AR odpowiedziało twierdząco. W przypadku osób pracujących w zakładach, gdzie nie wdrożono rzeczywistości rozszerzonej, twierdząco na te pytanie odpowiedziało 52,9% badanych. Po przeprowadzeniu testu Chi-kwadrat dowiedziono, że różnica w odpowiedziach jest statystycznie istotna ($p < 0,01$; test Chi-kwadrat) (rysunek 3.16).

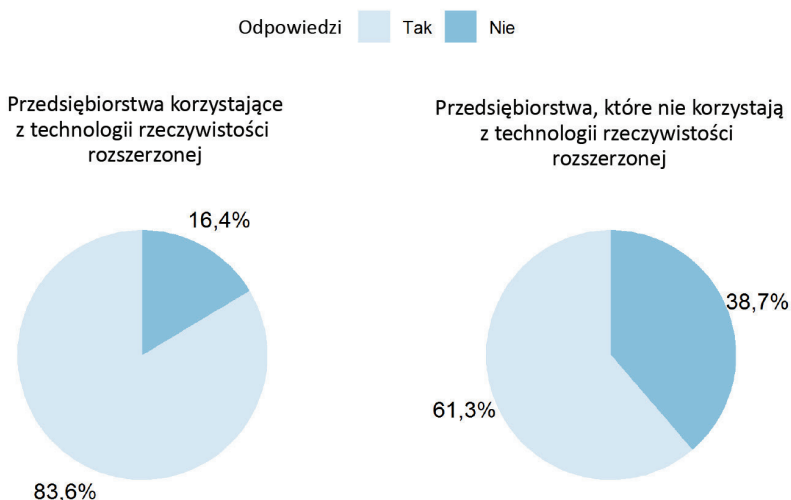


Rys. 3.16. Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że nowe technologie, jak np. rzeczywistość rozszerzona, będą odpowiedzialne za redukcję zatrudnienia?”

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

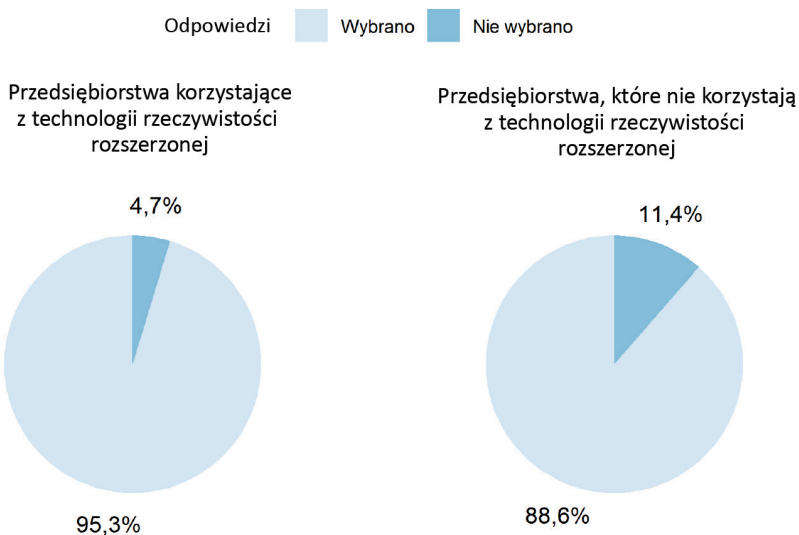
Nieco więcej niż ośmiu na dziesięciu (83,6%) pracowników przedsiębiorstw korzystających z technologii rzeczywistości rozszerzonej wyraziło opinię, że przyszłe pokolenia logistyków wśród nabytych kompetencji będą musiały posiadać zdolność do obsługi technologii, takich jak AR. Odsetek ten w przypadku pozostałej grupy osób wyniósł 61,3%. Obserwowana różnica była istotna statystycznie ($p < 0,001$; test Chi-kwadrat) (rysunek 3.17).

W pytaniu o obszary, w których usługi i wsparcie aplikacji rzeczywistości rozszerzonej będą miały w przyszłości największy wpływ w branży logistycznej, najczęściej wskazywaną odpowiedzią było magazynowanie, które zostało zaznaczone przez 90,9% ogółu badanych. Jest to również jedyna kategoria, w której zaobserwowano istotne statystycznie różnice w odpowiedziach u osób pracujących z technologią rzeczywistości rozszerzonej (95,3%) a grupą niemającą z nią styczności (88,6%) ($p < 0,05$; test Chi-kwadrat). Kolejnymi najczęściej wymienianymi odpowiedziami były: kompletacja wybrana przez 87,2% badanych oraz przyjmowanie dostaw, na którą wskazało 78,9% respondentów. Z pozostałych kategorii najwięcej osób wskazało na produkcję (rysunek 3.18).



Rys. 3.17. Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że wśród kompetencji przyszłych pokoleń logistyków będzie wymagana obsługa takich technologii, jak rzeczywistość rozszerzona?”

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

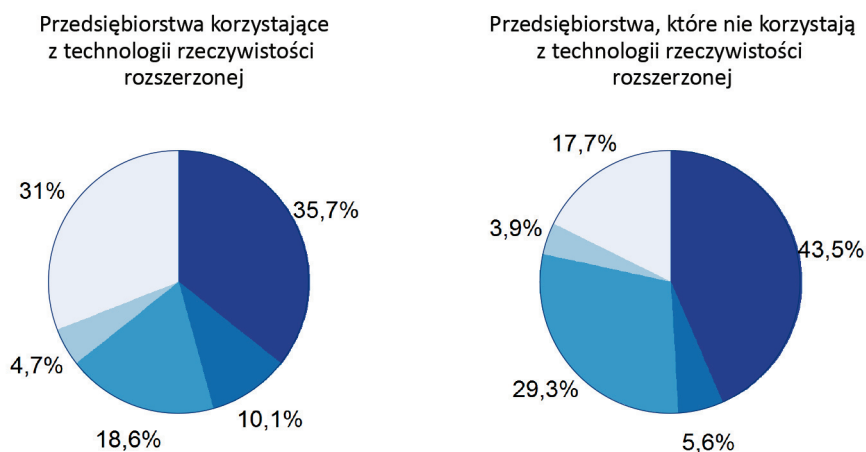


Rys. 3.18. Udział osób, które wskazały magazynowanie jako obszar, w którym aplikacja rzeczywistości rozszerzonej będzie miała największy wpływ w logistyce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Kolejne pytanie dotyczyło segmentów logistyki, które jako pierwsze powinny wdrożyć technologię rzeczywistości rozszerzonej. Najczęściej wybieraną odpowiedzią wśród ogółu badanych było zaopatrzenie – wskazało na nie nieco ponad 40% respondentów. Następnie uczestnicy badania wymieniali produkcję i dystrybucję; obie te kategorie uzyskały wynik powyżej 20%. Najrzadziej wskazywanym sektorem było planowanie, które uzyskało wynik 4,2%. W tym pytaniu zaobserwowano istotne statystycznie różnice między odpowiedziami uzyskanymi w każdej z grup ($p < 0,01$; test Chi-kwadrat). Zarówno osoby mające styczność z rzeczywistością rozszerzoną, jak i pozostałe najczęściej wskazywały odpowiedź „zaopatrzenie”, przy czym odsetek osób niepracujących z AR wynosił 43,5 i był wyższy niż 35,7% uzyskane przy tej odpowiedzi w grupie drugiej. Najwyraźniejsze różnice widoczne są w dystrybucji: 31% osób obytych z rzeczywistością rozszerzoną wskazało tę kategorię, natomiast wśród pozostałych osób odsetek ten wyniósł 17,7. Odwrotna sytuacja ma miejsce w kategorii „produkcja” – takiego wyboru dokonało 18,6% osób, których przedsiębiorstwa mają wdrożoną technologię AR, natomiast wśród badanych niemających styczności z rozszerzoną rzeczywistością odsetek ankietowanych, którzy zaznaczyli tę opcję, wyniósł 29,3 (rysunek 3.19).

Odpowiedzi Dystrybucja Planowanie Produkcja Serwis Zaopatrzenie



Rys. 3.19. Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Który z sektorów logistyki powinien w pierwszej kolejności wdrażać rozszerzoną rzeczywistość?”

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

W pytaniu o to, które ze stosowanych w praktyce rozwiązań mogą zostać zaimplementowane po odpowiednich modyfikacjach w obszarze logistyki, najchętniej wskazywaną przez badanych odpowiedzią była produkcja. Zaznaczyło ją ponad 90% ankietowanych.

towanych. Pozostałe kategorie respondenci zaznaczali bardzo rzadko: żadna z nich nie uzyskała wyniku wyższego niż 4%, przy czym najrzadziej wybierano zdrowie, na które wskazało jedynie 1,6% badanych. Kategoria ta nie została wybrana ani razu w grupie osób pracujących z AR.

Kolejne pytanie dotyczyło trendów, które zdaniem badanych przyspieszą wykorzystanie aplikacji rzeczywistości rozszerzonej w logistyce. W odpowiedzi na nie najwięcej osób zaznaczyło zwiększającą się złożoność procesów logistycznych. Zaobserwowano również statystycznie istotne różnice w odpowiedziach respondentów z obu badanych grup ($p < 0,05$; test Fishera). Tę odpowiedź wybrało 97,7% badanych wśród ankietowanych mających styczność z AR. W drugiej grupie badanych odsetek ten wyniósł 90,2 (rysunek 3.20).



Rys. 3.20. Udział osób wskazujących na odpowiedź „zwiększająca się złożoność procesów logistycznych” jako trend, który przyspieszy wykorzystanie aplikacji rzeczywistości rozszerzonej w logistyce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Drugą najpopularniejszą odpowiedzią była technologia, w której wykorzystuje się młodszych pracowników. Ponownie w odpowiedziach zaobserwowano statystycznie istotne różnice ($p < 0,001$; test Chi-kwadrat). Wśród osób, których przedsiębiorstwa miały wdrożoną technologię rozszerzonej rzeczywistości, 63,6% badanych wybrało tę kategorię, natomiast w drugiej grupie odsetek ten wynosił 44,7. Statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$; test Chi-kwadrat) zaobserwowano również we wskazaniach na kategorię „doświadczenie konsumentów/klientów z aplikacjami do obsługi rzeczywistości

rozszerzonej”. Jako trend, który przyspieszy wykorzystanie technologii AR, podało go 37,2% ankietowanych pracujących z rzeczywistością rozszerzoną, natomiast w drugiej grupie wskazało go jedynie 24,8% badanych. Pozostałe kategorie odpowiedzi uzyskały między 20 a 30% głosów i nie obserwuje się istotnych statystycznie różnic między odpowiedziami respondentów należących do różnych grup.

W pytaniu o wyzwania logistyczne, które są najbardziej odpowiednie do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej, najczęściej – aż 93,6% – badanych wybrało zwiększenie efektywności siły roboczej. Jest to jedyna kategoria w tym pytaniu, w której zaobserwowano statystycznie istotne różnice między badanymi grupami ($p < 0,01$; test Fishera). Tę odpowiedź wskazało 98,4% osób mających kontakt z AR, a także 91,1% osób z drugiej grupy. Często wskazywaną odpowiedzią – uzyskującą ponad 60% wskazań – było również zwiększenie bezpieczeństwa pracowników. Najmniej osób – 21,9% – zaznaczyło poprawę wskaźnika napraw dzięki lepszej diagnostyce (rysunek 3.21).

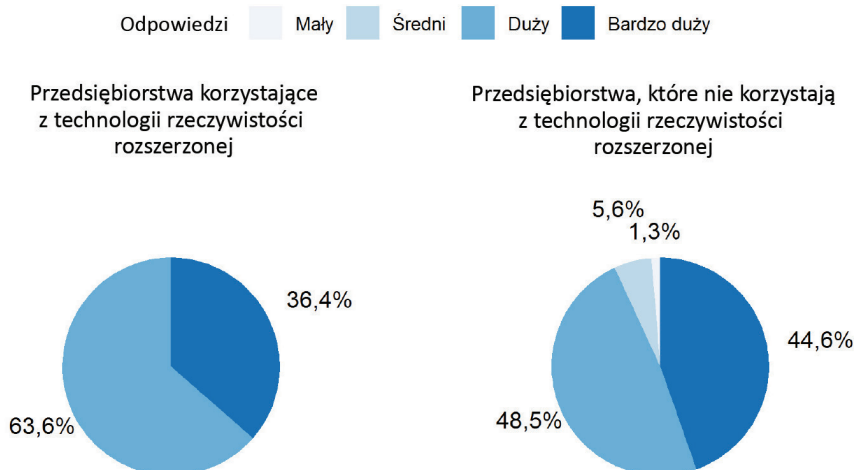


Rys. 3.21. Udział osób, które wskazały zwiększenie efektywności siły roboczej jako najbardziej odpowiednie wyzwanie logistyczne do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Wśród korzyści z wykorzystania aplikacji rzeczywistości rozszerzonej w szkoleniach najczęściej osób wymieniło zwiększenie ich skuteczności. Odsetek takich wskazań wyniósł 56. Pozostałe kategorie uzyskały podobny wynik, nieco wyższy niż 20%. Nie zauważono istotnych różnic w odpowiedziach udzielanych przez osoby z poszczególnych grup.

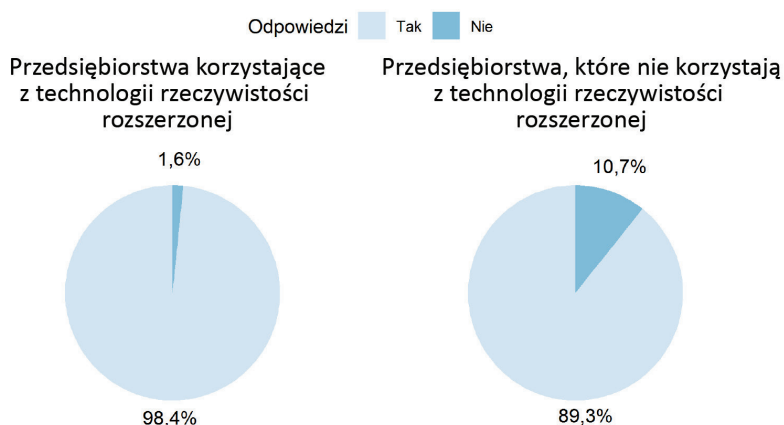
Najwięcej respondentów wyraziło opinię, że rozszerzona rzeczywistość jest nośnikiem innowacyjności w dużym stopniu – tę odpowiedź zaznaczyło 53,9% ogółu badanych. Obserwujemy tu jednak istotnie statystyczne różnice w odpowiedziach między poszczególnymi grupami ($p < 0,01$; test Fishera). Na duży stopień rozszerzonej rzeczywistości jako nośnika innowacyjności wśród osób mających styczność z AR zagłosowało 63,6% badanych, a wśród osób niepracujących z tą technologią na wybór tej odpowiedzi zdecydowało się 48,5% badanych. Drugą najczęściej wskazywaną opcją była ranga „bardzo duży” – w grupie osób mających doświadczenie z rzeczywistością rozszerzoną wskazało na nią 36,4%. W drugiej grupie odsetek ten wyniósł 44,6%. Pozostałe rangi wybierane były w znacznie mniejszym stopniu. Najmniej badanych wskazało na stopień mały – odsetek takich wskazań wyniósł zaledwie 0,8%. Należy zauważyć, że dwie najniższe rangi wybierane były jedynie w grupie osób niemających styczności z technologią rzeczywistości rozszerzonej (rysunek 3.22).



Rys. 3.22. Wskazane skale rozszerzonej rzeczywistości jako nośnika innowacyjności

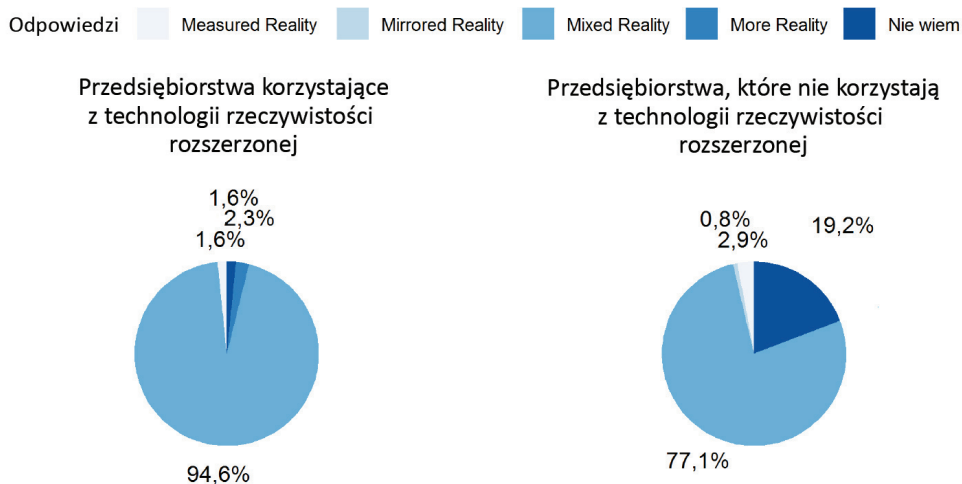
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Wiedzę na temat różnicy między rzeczywistością wirtualną, rzeczywistością rozszerzoną i rzeczywistością mieszaną zadeklarowało ponad 90% ankieterowanych. Przy tym wśród osób pracujących w przedsiębiorstwie z AR odsetek ten był wyższy i wyniósł 98,4%, podczas gdy w drugiej grupie miał on wartość 89,3%. Różnica ta jest statystycznie istotna ($p < 0,001$; test Fishera). Jako definicję rzeczywistości rozszerzonej 92,3% badanych wskazało następujące jej ujęcie: „Technologia, która nakłada informacje cyfrowe na elementy świata rzeczywistego”. Wynik był podobny w obu grupach (rysunek 3.23).



Rys. 3.23. Deklarowana znajomość różnicy pomiędzy rzeczywistością wirtualną, rzeczywistością rozszerzoną i rzeczywistością mieszaną

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.24. Wskazane rozwinięcia skrótu RM

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Jako definicję, która najlepiej pasuje do terminu „rzeczywistość rozszerzona”, 92,3% respondentów zaznaczyło odpowiedź: „Technologia, która nakłada informacje cyfrowe na elementy świata rzeczywistego”. Pozostałe możliwe odpowiedzi zostały wskazane przez nie więcej niż 7% badanych. Nie zaobserwowano znaczących różnic pomiędzy

odpowiedziami ankietowanych osób pracujących z technologią AR na co dzień i osób niemających z nią kontaktu w przedsiębiorstwie.

W pytaniu, w którym proszono o objaśnienie skrótu RM, większość badanych zaznaczyła opcję *Mixed Reality*. Zaobserwowano tu statystycznie istotne różnice między badanymi grupami ($p < 0,001$; test Fishera). Wśród respondentów mających styczność z rzeczywistością rozszerzoną 94,6% ankietowanych wskazało na najbardziej popularną odpowiedź, zaś w grupie osób niemających styczności z omawianą technologią odsetek ten wyniósł 77,1. Wśród osób niepracujących w przedsiębiorstwach z wdrożoną technologią AR 19,2% badanych nie wiedziało, co oznacza omawiany skrót, natomiast w drugiej grupie odsetek ten wyniósł 1,6 (rysunek 3.24).

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie prawidłowości hipotezy głównej postawionej we wstępie pracy. Dokonano tego przez weryfikację poszczególnych hipotez szczegółowych, zaś ich omówienie przedstawiono w dalszej części rozważań.

Weryfikacja hipotez szczegółowych

HS1. Implementacja rzeczywistości rozszerzonej jest uzależniona od wieku zakładu

W celu weryfikacji zależności implementacji rzeczywistości rozszerzonej od wielkości, długości funkcjonowania i zasięgu przedsiębiorstwa stworzono model regresji logistycznej, w którym uwzględniono wpływ czynników na zmienną objaśnianą. Zmienna odnosząca się do długości funkcjonowania została odrzucona jako predyktor implementacji tej technologii na podstawie algorytmu eliminacji wstecznej, który eliminuje z modelu najmniej istotne zmienne do momentu, kiedy pozostają w nim jedynie te o istotnym wpływie na zmienną objaśnianą. Wiek przedsiębiorstwa nie był czynnikiem mającym wpływ na wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej.

Tabela 3.3. Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od wielkości i zasięgu przedsiębiorstwa

	iloraz szans**	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny*	0,72	0,423	1,217	0,221
Wielkość – małe lub średnie przedsiębiorstwa	0,659	0,386	1,13	0,128
Zasięg – kraj	0,293	0,116	0,646	0,005
Zasięg – świat	1,337	0,777	2,293	0,291

* Wyraz wolny mówi, jaka jest szansa na wystąpienie zdarzenia opisywanego zmienną objaśnianą przy założeniu, że zmienne objaśniające przyjmują wartość 0.

** Iloraz szans to stosunek szans na wystąpienie zdarzenia opisywanego zmienną objaśnianą dla kategorii referencyjnej zmiennej objaśniającej i kategorii badanej.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS2. Determinantą implementacji rzeczywistości rozszerzonej jest wielkość zatrudnienia

W celu weryfikacji hipotezy mówiącej o tym, że determinantą implementacji rzeczywistości rozszerzonej jest wielkość zatrudnienia, stworzono model, w którym uwzględniono wielkość zatrudnienia przedsiębiorstwa jako czynnik wpływający na zmienną objaśnianą. Model ten pokazał istotny wpływ wielkości zatrudnienia przedsiębiorstwa na implementację w nim rzeczywistości rozszerzonej ($p = 0,001$). Szansa na nią była 2,092 razy mniejsza w przypadku firm małych lub średnich niż w przypadku przedsiębiorstw dużych.

Tabela 3.4. Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od wielkości zatrudnienia

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,857	0,594	1,232	0,406
Wielkość – małe lub średnie przedsiębiorstwa	0,478	0,304	0,751	0,001

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS3. Determinantą wdrożenia AR jest zasięg działalności przedsiębiorstwa

Istotny związek między zasięgiem przedsiębiorstwa a implementacją rzeczywistości rozszerzonej potwierdzono modelem regresji logistycznej, w którym został on uwzględniony jako jedyna zmienna objaśniająca. Szansa na implementację AR była średnio 1,65 razy wyższa w przypadku przedsiębiorstwa o zasięgu światowym niż w przypadku przedsiębiorstwa o zasięgu europejskim. Przedsiębiorstwo działające na rynku krajowym miało natomiast średnio 3,584 razy mniejsze szanse na implementację rzeczywistości niż firma działająca na rynku europejskim.

Tabela 3.5. Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od zasięgu działalności przedsiębiorstwa

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,511	0,38	0,682	<0,001
Zasięg – kraj	0,279	0,111	0,613	0,003
Zasięg – świat	1,65	1,036	2,632	0,035

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS4. Istnieje zależność pomiędzy implementacją rzeczywistości rozszerzonej a poziomem wiedzy na jej temat

W celu zbadania związku między wdrożeniem technologii rzeczywistości rozszerzonej a znajomością tej technologii stworzono model regresji logistycznej, w którym zmienną objaśniającą była suma prawidłowych/twierdzących odpowiedzi na pytania jej

dotyczące. Model ten wykazał, że wraz ze wzrostem szacowanego poziomu znajomości technologii rzeczywistości rozszerzonej szanse na implementację jej były średnio 2,291 razy wyższe (tabela 3.6).

Tabela 3.6. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej od znajomości wdrażanej technologii

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,014	0,003	0,063	<0,001
Znajomość AR	2,291	1,662	3,296	<0,001

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS5. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od chęci doskonalenia procesów logistycznych

Wpływ chęci doskonalenia procesów logistycznych na wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej zbadano poprzez stworzenie modelu regresji logistycznej. Szanse na implementację rozszerzonej rzeczywistości w firmach pracowników, którzy deklarowali chęć doskonalenia procesów logistycznych, były średnio 10,15 razy większe niż wśród respondentów, którzy nie byli na nie zorientowani (tabela 3.7).

Tabela 3.7. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci doskonalenia procesów logistycznych

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,056	0,003	0,269	0,005
Zorientowanie na wdrożenie procesów logistycznych – tak	10,15	2,059	183,663	0,025

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS6. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od rodzaju własności przedsiębiorstwa

Rezultaty modelu stworzonego w celu weryfikacji hipotezy o uzależnieniu wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od rodzaju własności przedsiębiorstwa wskazały na to, że wybrana zmienna objaśniająca nie miała istotnego wpływu na implementację AR w przedsiębiorstwie.

Tabela 3.8. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od rodzaju własności przedsiębiorstwa

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,536	0,431	0,662	<0,001
Rodzaj własności przedsiębiorstwa – publiczne	0,267	0,014	1,522	0,219

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS7. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na uznanie zwiększenia skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z użycia w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej

Weryfikacji tego, czy fakt, że w danym przedsiębiorstwie wdrożono rzeczywistość rozszerzoną, może mieć wpływ na uznanie zwiększenia skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z aplikacji w szkoleniach rzeczywistości rozszerzonej, dokonano na podstawie modelu regresji logistycznej. Zmienna odnosząca się do wdrożenia technologii AR w modelu obrazującym jej wpływ na zwiększenie postrzegania skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z aplikacji w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej została usunięta z niego w procesie eliminacji wstecznej zmiennych o najmniejszej istotności. Świadczy to o braku istotnego wpływu tej zmiennej na wartość zmiennej objaśnianej.

HS8. Zwiększająca się złożoność procesów logistycznych przyspiesza wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce

Zwiększająca się złożoność procesów logistycznych była odpowiedzią wybieraną przez największą liczbę ankietowanych jako czynnik mający przyspieszyć wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce. Wskazało ją 348 (92,8%) z 375 badanych.

HS9. Wdrażający AR są świadomi różnic pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną

Zdecydowana większość (98,4%) respondentów pracujących w przedsiębiorstwach, w których wykorzystywana jest technologia rozszerzonej rzeczywistości, deklarowała znajomość różnicy między rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną.

HS10. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększenia bezpieczeństwa pracowników jako wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej

Weryfikacji tego, czy fakt, że w danym przedsiębiorstwie wdrożono rzeczywistość rozszerzoną, może mieć wpływ na postrzeganie zwiększania bezpieczeństwa pracowników jako najbardziej odpowiedniego wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rze-

czywistości rozszerzonej, dokonano na podstawie modelu regresji logistycznej. Zmienna odnosząca się do wdrożenia technologii AR w modelu obrazującym jej wpływ na postrzeganie zwiększania bezpieczeństwa pracowników jako najbardziej odpowiedniego wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej została usunięta z niego w procesie eliminacji wstecznej zmiennych o najmniejszej istotności. Świadczy to o braku istotnego wpływu tej zmiennej na wartość zmiennej objaśnianej.

HS11. Determinantą wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej jest chęć usprawnienia procesów zaopatrzenia, magazynowania i kompletacji

Weryfikację hipotezy mówiącej, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej uzależnione było od chęci usprawnienia procesów zaopatrzenia, magazynowania i kompletacji, przeprowadzono na podstawie modelu regresji logistycznej uwzględniającego te trzy zmienne. Proces eliminacji wstecznej tego modelu zredukował liczbę zmiennych objaśniających. Jednak test Fishera przeprowadzony na zmiennych odnoszących się do chęci usprawnienia procesów magazynowania i kompletacji wykazał, że wariancje tych dwóch zmiennych są do siebie zbliżone. Dlatego eliminacja zmiennej „kompletacja” w wyniku eliminacji wstecznej nie musi świadczyć o braku wpływu tej zmiennej na implementację rzeczywistości rozszerzonej. W celu weryfikacji wpływu trzech zmiennych na zmienną objaśnianą stworzono osobne modele dla każdej z nich.

Tabela 3.9. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu zaopatrzenia

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,564	0,451	0,702	< 0,001
Zaopatrzenie – wybrano	0,38	0,139	0,884	0,037

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Model, w którym chęć usprawnienia procesu magazynowania była jedyną zmienną objaśniającą, wykazał, że szansa na wykorzystanie w przedsiębiorstwie rzeczywistości rozszerzonej dla osób, które deklarowały chęć usprawnienia tego właśnie procesu, była średnio 2,633 razy wyższa niż dla osób, które nie deklarowały takiej chęci.

Tabela 3.10. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu magazynowania

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,214	0,8	0,483	< 0,001
Magazynowanie – wybrano	2,633	1,132	7,196	0,037

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

Również zmienna odnosząca się do chęci usprawnienia procesu kompletacji okazała się mieć istotny wpływ na wykorzystanie w przedsiębiorstwie rzeczywistości rozszerzonej. Badanie wskazało, że firmy osób, które deklarowały chęć usprawnienia tego procesu, miały średnio 2,174 razy większe szanse na implementację tej technologii.

Tabela 3.11. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu kompletacji

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,263	0,124	0,507	< 0,001
Kompletacja – wybrano	2,174	1,084	4,755	0,038

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS12. Wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej jest spowodowane chęcią poprawy efektywności pracy pracowników

Weryfikacji hipotezy mówiącej o tym, że wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej spowodowane jest chęcią poprawy efektywności pracy pracowników, dokonano na podstawie stworzonego modelu regresji logistycznej, w którym zmienną objaśnianą był fakt implementacji rzeczywistości rozszerzonej bądź jej brak w przedsiębiorstwie danego pracownika a zmienną objaśniającą – wybór opcji „zwiększanie efektywności siły roboczej” w pytaniu o najbardziej odpowiednie wyzwanie logistyczne do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej. Model ten wykazał, że wśród osób, które wybrały tę odpowiedź, szanse na implementację AR w ich przedsiębiorstwie są 6,25 razy większe, a wybór ten ma istotny wpływ na wartość zmiennej objaśnianej.

Tabela 3.12. Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci poprawy efektywności pracy pracowników

	iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	0,567	0,455	0,703	< 0,001
Efektywność pracowników – wybrano	0,16	0,025	0,556	0,014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS13. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR

Weryfikacji hipotezy o wpływie implementacji rzeczywistości rozszerzonej na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR dokonano poprzez stworzenie modelu regresji logistycznej. Model ten wykazał, że implementacja AR

w przedsiębiorstwie ma istotny wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR. Szanse osób pracujących w przedsiębiorstwach, w których zaimplementowano AR, na postrzeganie tej implementacji jako możliwej przyczyny problemu redukcji zatrudnienia są średnio 6,237 razy większe niż w szanse osób, w których miejscu zatrudnienia nie wykorzystuje się tej technologii.

Tabela 3.13. Model regresji logistycznej obrazujący wpływ implementacji rzeczywistości rozszerzonej na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR

	Iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	10,182	6,732	16,233	< 0,001
Wykorzystanie technologii AR – tak	6,237	1,798	39,328	0,014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS14. Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystanie aplikacji AR w logistyce

Model regresji logistycznej stworzony w celu weryfikacji hipotezy o wpływie implementacji AR w przedsiębiorstwie na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce, wykazał, że wpływ ten jest istotny statystycznie. Szanse osób pracujących w przedsiębiorstwach wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce, były średnio 4,541 razy większe niż szanse osób niemających w pracy kontaktu z tą technologią.

Tabela 3.14. Model regresji logistycznej obrazujący wpływ implementacji rzeczywistości rozszerzonej na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce

	Iloraz szans	2,5%	97,5%	p-wartość
Wyraz wolny	9,25	6,206	14,463	< 0,001
Wykorzystanie technologii AR – tak	4,541	1,548	19,372	0,015

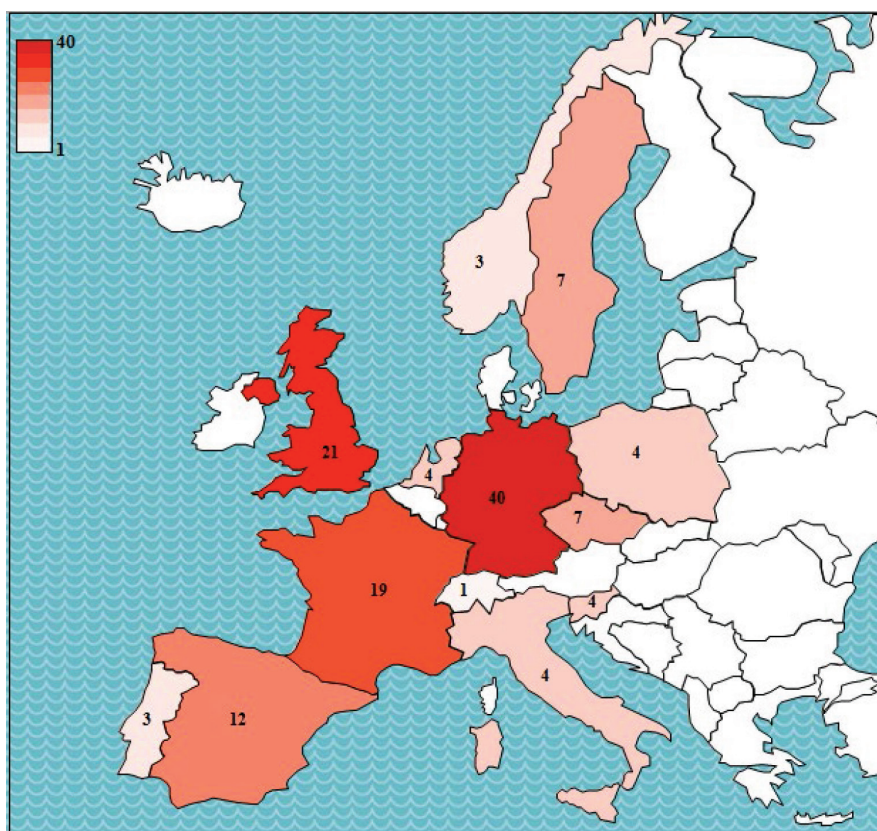
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

HS15. Korzystanie z AR jest utożsamiane z młodszymi pracownikami

W celu weryfikacji hipotezy o korzystaniu z AR przez młodszych pracowników porównano liczbę osób, które w obu grupach wybrały opcję „technologia, w której wykorzystuje się młodszych pracowników” w pytaniu o trend przyspieszający użycie aplikacji rzeczywi-

stości rozszerzonej w logistyce. W grupie pracowników przedsiębiorstw, w których wykorzystywana jest rzeczywistość rozszerzona, odpowiedź tę wybrało 63,6% respondentów, natomiast w grupie pracowników firm, które jeszcze nie korzystają z tej technologii, wyboru tego dokonało jedynie 44,7% osób. Różnica ta była istotna statystycznie.

Europejskie kraje zajmujące pierwsze miejsce w VR/AR (biorąc pod uwagę rozwój i wielkość rynku oraz nakłady na badania) stanowią: Francja, Wielka Brytania, Niemcy, Holandia, Szwecja, Hiszpania i Szwajcaria. Duży potencjał przyszłego wzrostu występuje w Finlandii, Danii, we Włoszech, w Grecji oraz Europie Wschodniej i Środkowej, w tym w szczególności w Polsce, Estonii i Czechach. Wśród 375 respondentów 129 potwierdziło korzystanie z AR, co stanowi 34,4% ogółu badanych. Najwięcej pozytywnych odpowiedzi otrzymano z takich państw, jak: Niemcy – 40; Wielka Brytania – 21; Francja – 19; Hiszpania – 12; Czechy i Szwecja – po 7; Polska, Włochy, Holandia, Słowenia – po 4; Norwegia i Portugalia – po 3 ; Szwajcaria – 1 (rysunek 3.25).



Rys. 3.25. Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w Europie według kwestionariuszy

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

W wyniku przeprowadzonej analizy wykazano, że zarówno zasięg, jak i wielkość przedsiębiorstwa miały istotny wpływ na implementację rzeczywistości rozszerzonej. W zakładach mniejszych bądź o węższym zasięgu działalności odnotowano mniejsze szanse na wprowadzenie tej technologii niż w zakładach większych, o szerokim zasięgu. Nie wykazano jednak wpływu czasu funkcjonowania przedsiębiorstw na rynku pracy na wdrożenie w nich technologii AR. Zarówno wielkość przedsiębiorstwa, jak i jego zasięg znacznie oddziaływały na implementację rzeczywistości rozszerzonej. Nie można więc stwierdzić, że czynniki te nie są determinantą wprowadzenia AR do zakładu.

Wzrost znajomości technologii wiązał się ze zwiększeniem szans na implementację rzeczywistości rozszerzonej. Ponadto pracownicy zakładów, w których technologia AR już została wdrożona, częściej niż pracownicy niemający z nią styczności deklarowali znajomość różnic między rzeczywistością rozszerzoną a mieszaną oraz prawidłowo wskazywali rozwinięcie skrótu RM. Różnica w odpowiedziach osób należących do obu grup była istotna statystycznie. Zatem wprowadzenie technologii w zakładzie pracy wiąże się z pogłębieniem wśród pracowników wiedzy na jej temat. Na podstawie odpowiedzi ankietowanych pracowników z grupy pierwszej można również stwierdzić, że zdecydowana ich większość wiedziała, czym różni się rzeczywistość mieszana i rzeczywistość rozszerzona.

Mimo że większość respondentów z obu badanych grup deklarowała chęć doskonalenia procesów logistycznych, wykazano, że w firmach pracowników, którzy deklarowali taką chęć, są istotnie większe szanse na wprowadzenie technologii rzeczywistości rozszerzonej niż w firmach pracowników, którzy nie wyrażali takiej chęci.

Badania wykazały, że wdrożenie w przedsiębiorstwie rzeczywistości rozszerzonej nie jest uzależnione od rodzaju jego własności. Nie zaobserwowano istotnej zależności między implementacją rozszerzonej rzeczywistości a postrzeganiem zwiększenia skuteczności szkoleń jako efektu zastosowania w nich aplikacji tej technologii. Większość ankietowanych postrzegała zwiększającą się złożoność procesów logistycznych jako trend, który przyspieszy wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce. Ponadto osoby pracujące w przedsiębiorstwach z technologią AR miały większe szanse na wybranie tej odpowiedzi niż pozostali respondenci.

Nie wykazano, że zwiększenie bezpieczeństwa pracowników miało wpływ na wdrożenie w przedsiębiorstwie technologii rzeczywistości rozszerzonej.

Zaobserwowano, że osoby deklarujące chęć usprawnienia magazynowania lub kompletacji miały większe szanse na pracę z technologią rozszerzoną niż osoby, które nie deklarowały takiej potrzeby.

Większość badanych wiązała wprowadzenie technologii rzeczywistości rozszerzonej z redukcją etatów w przedsiębiorstwie. Są jednak istotne różnice pomiędzy odpowiedziami udzielanymi przez osoby z obu grup. Szanse na powiązanie wdrożenia technologii AR ze spadkiem zatrudnienia były większe wśród pracowników pracujących z rzeczywistością rozszerzoną.

Ponad połowa ankietowanych zadeklarowała, że z wykorzystaniem technologii AR utożsamiani są młodszy pracownicy. Zaobserwowano, że istotnie więcej pracowników przedsiębiorstw z technologią AR zdecydowało się na zaznaczenie tej odpowiedzi w ankiecie. Wyniki analizy pozwoliły stwierdzić, że wdrożenie technologii rozszerzonej jest uzależnione od płci pracowników. Kobiety miały większe szanse na pracę z tą technologią niż mężczyźni.

Na podstawie przeprowadzonej wielowymiarowej weryfikacji hipotez szczegółowych pracy (tabela 3.15, rysunek 3.26) można z całą mocą stwierdzić, że postawiona na jej wstępie hipoteza główna została w trakcie badań udowodniona, jest to zatem potwierdzenie prawidłowości w formułowaniu przez autora założeń metodycznych pracy.

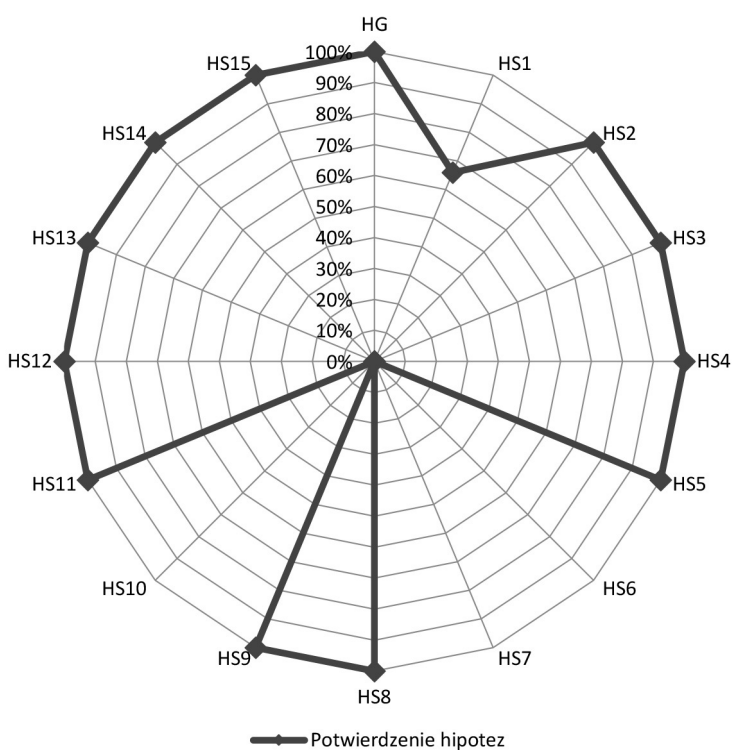
Tabela 3.15. Zestawienie potwierdzenia realizacji hipotez badawczych

Lp.	Hipoteza	Potwierdzenie hipotezy
1	2	3
HG	Rzeczywistość rozszerzona wpływa na efektywność procesów logistycznych, kreując nowe elementy konkurencyjności przedsiębiorstwa produkcyjnego.	tak
HS1	Implementacja rzeczywistości rozszerzonej jest uzależniona od wieku zakładu.	tak
HS2	Determinantą implementacji rzeczywistości rozszerzonej jest wielkość zatrudnienia.	tak
HS3	Determinantą wdrożenia AR jest zasięg działalności przedsiębiorstwa.	tak
HS4	Istnieje zależność pomiędzy implementacją rozszerzonej rzeczywistości a poziomem wiedzy na jej temat.	tak
HS5	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od chęci doskonalenia procesów logistycznych.	tak
HS6	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od rodzaju własności przedsiębiorstwa.	nie
HS7	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na uznanie zwiększenia skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z użycia w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej	nie
HS8	Zwiększająca się złożoność procesów logistycznych przyspiesza wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce.	tak
HS9	Wdrażający AR są świadomi różnic pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną.	tak
HS10	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększenia bezpieczeństwa pracowników jako wyzwanie logistyczne do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej.	nie
HS11	Determinantą wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej jest chęć usprawnienia procesów zaopatrzenia, magazynowania i kompletacji.	tak

Tabela 3.15, cd.

1	2	3
HS12	Wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej jest spowodowane chęcią poprawy efektywności pracy pracowników.	tak
HS13	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR.	tak
HS14	Wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej ma wpływ na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystanie aplikacji AR w logistyce.	tak
HS15	Korzystanie z AR jest utożsamiane z młodszymi pracownikami.	tak

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.



Rys. 3.26. Trafność postawionych hipotez badawczych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z kwestionariuszy pytań.

4

Koncepcja zintegrowanego modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej

4.1. Wdrożenie zintegrowanego zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej

Rozwój globalnej komunikacji i możliwości podróżowania znacząco poprawiają zarządzanie procesami logistycznymi, a także obsługę logistyczną na całym świecie. Aby zapewnić duże możliwości produkcji i handlu międzynarodowego, konieczne jest istotne usprawnienie logistyki i jej odpowiednich procesów, wymagające zastosowania nowych technologii. Logistyce od dawna przypisuje się podstawową funkcję wsparcia w różnych sektorach. Aktualnie jej rola przybiera na znaczeniu, co wynika z rosnącej wagi rynków wschodzących i globalizacji łańcuchów dostaw, to zaś z kolei napędza coraz większe wysiłki regulacyjne¹.

Logistyka stanowi proces planowania, wdrażania i kontrolowania wydajnego, efektywnego przepływu i magazynowania surowców, zapasów w trakcie procesu, wyrobów gotowych, usług i związanych z nimi informacji od miejsca pochodzenia do miejsca konsumpcji (w tym przepływów przychodzących, wychodzących, wewnętrznych i zewnętrznych) w celu dostosowania się do wymagań klienta². Jeżeli logistyka jest postrzegana z punktu widzenia działalności, termin ten można opisać jako proces, który zapewnia dostęp do przedmiotu w wymaganej ilości, w wymaganym czasie i dla docelowych klientów. Integralną częścią procesu logistycznego jest organizacja. Teoria często zajmuje się przepływem materiałów, nie zwracając dużej uwagi na organizację. Działania

¹ D. Lim, P.C. Palvia, *EDI in strategic supply chain: Impact on customer service*, "International Journal of Information Management", 21/2001 s. 193-199.

² A. Cirulis, E. Gitters, *Augmented reality in logistics*, "Procedia Computer Science", 26/2013, s. 16.

logistyczne są ważne dla zorganizowania strategicznych zakupów materiałowych. Celem organizacji procesu logistycznego jest osiągnięcie tego, aby w końcowym ogniwie wszystkie elementy spełniały oczekiwania klientów. W logistyce zarówno każda usługa, jak i zakup stanowi ważną operację.

Charakter i istota logistyki polegają na określaniu działań logistycznych, będących główną funkcjonalnością, która w praktyce determinuje podobne systemy logistyczne. Ważne, by właściwie zorganizować tę funkcjonalność, a także zrozumieć zależności między działaniami. W dziedzinie logistyki należy zachować szczególną ostrożność dotyczącą zasad funkcjonalnych, ponieważ dokonanie zmian w jednej zasadzie funkcjonalnej może zmienić działania w pozostałej części systemu. Głównym celem działań logistycznych jest zagwarantowanie wydajności systemu przy najniższych kosztach. Stanowi to najważniejszy cel, jakim ma się kierować efektywnie zarządzana logistyka.

W każdym z procesów logistycznych, działań, aktywności mamy do czynienia z czynnikiem ludzkim. Analizując elementy logistyczne od strony zasobów ludzkich, możemy dokonać podziału siły roboczej na dwie części. Są nimi: pracownicy zarządzający i organizujący pracę oraz pracownicy ją wykonujący. Kadra zarządzająca, wykonując swoje zadania, opiera się głównie na nowoczesnych narzędziach programowych i specjalistycznej wiedzy. Aby z powodzeniem realizować procesy końcowe w magazynie, potrzebni są pracownicy operacyjni, zatem obie grupy ponoszą wspólną odpowiedzialność za wykonaną pracę. Konserwacja, pakowanie, przeładunek, przechowywanie, transport, dostawa i inne operacje zależą od decyzji ludzi, ich nastroju, charakteru, zmęczenia. Aby usprawnić wykonywanie tych operacji i pomóc pracownikom w magazynach, można, zdaniem autora niniejszej monografii, wykorzystać nowoczesne technologie, które wspomagają podejmowanie decyzji i wykonywanie rutynowych czynności. Dzięki rzeczywistości rozszerzonej możliwe są zwiększenie poziomu interaktywności pracy, a także zredukowanie liczby błędów.

W wyniku perspektywy ewolucyjnej po pojawieniu się Przemysłu 4.0 zainteresowanie technologiami RW wzrasta wykładniczo, by osiągnąć, według prognoz, 198 mld USD do roku 2025 w skali światowej. Zastosowania rzeczywistości rozszerzonej w przemyśle są bardzo szerokie. W niektórych rozwiniętych krajach zaczęto już badać jej potencjał w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Użyteczność VR została wykazana w znaczącym usprawnieniu planowania procesów intralogistycznych³. Daje to większą elastyczność w planowaniu systemów logistycznych i umożliwia planistom skuteczniejsze reagowanie na dynamikę rynku⁴. Projektanci produktów nie są już ograniczeni fizycznymi granicami, ponieważ mają możliwość lepszej wizualizacji i elastycznej manipulacji trójwymiarowymi parametrami projektowania produktów w czasie rzeczywistym, zaś w przypadku

³ A. Rohacz, S. Strassburger, *Augmented reality in intralogistics planning of the automotive industry*, State of the art and practical recommendations for applications, 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), IEEE, Tokyo, 2019, s. 203-205.

⁴ R. Reif, D. Walch, *Augmented & virtual reality applications in the field of logistics*, "TVC", 24/2008, s. 987-990.

scenariuszy kompletacji zamówień operatorzy magazynów wyposażonych w urządzenia do rzeczywistości rozszerzonej, takie jak wyświetlacze montowane na głowie (HMD) i inteligentne okulary, mogą skorzystać z wizualizacji RR i lepszego dostarczania treści⁵, aby skrócić czas tzw. martwego punktu spowodowanego szukaniem danych, na przykład na mobilnym terminalu lub na liście kompletacji papierowej stosowanej w konwencjonalnych rozwiązaniach.

Jednym z najważniejszych procesów w logistyce jest wspomniana już kompletacja zamówień, polegająca na zbieraniu towarów z przygotowanego asortymentu na podstawie zamówień klientów. Błędy wynikające z manualnie wykonywanych procesów w systemach kompletacji zamówień mają negatywny wpływ na jakość dostaw i relacji pomiędzy klientami a dostawcami, co może mieć konsekwencje finansowe. Ze względu na dużą różnorodność towarów w aplikacjach komisjonowania maszyny z reguły nie mogą zastąpić człowieka, którego elastyczność na zmiany i dobre umiejętności motoryczne, zdaniem autora, na obecnym etapie rozwoju technologicznego czynią go niezastąpionym. Ze względu na swoją złożoność ręczny proces komisjonowania działa jak proces referencyjny dla pracy z technologiami wirtualnymi, w tym rzeczywistością rozszerzoną. Innowacyjne procesy planowania w systemach logistycznych oraz wsparcie pracowników operacyjnych w tych systemach, zdaniem autora niniejszej monografii, wymagają wręcz zastosowania nowoczesnych metod, by zagwarantować przedsiębiorstwu konkurencyjną pozycję na rynku.

Linie produkcyjne i sieci logistyczne muszą być stale dostosowywane, a nawet często przebudowywane. Dlatego też potrzebne są narzędzia planistyczne, które pozwalają na szybkie stworzenie szczegółowego i sprawdzonego modelu przed realizacją projektu. Często istnieje wiele możliwości zaprojektowania systemów logistycznych dla danego zastosowania. Za pomocą komputerowych narzędzi planistycznych można wybrać najlepsze z nich poprzez wirtualną ocenę⁶. Obecnie firmy przyzwyczyły się do używania 2D CAD (*Computer Aided Design*) i 2D systemów symulacyjnych do planowania systemów logistycznych. Jedną z wad systemów 2D jest konieczność przełączania się między różnymi widokami, co powoduje, że nie są one intuicyjne dla użytkowników. Wizualizacja 3D jest lekarstwem na ten problem. Powszechnie stosowane w działach projektowych narzędzia posiadają wizualizację 3D i w ostatnich latach są coraz częściej stosowane w zadaniach planowania. Jednak narzędzia 3D nadal ograniczają się do miejsc pracy bazujących na monitoringu. Stereoskopowa wizualizacja 3D systemu rzeczywistości

⁵ R. Elbert, T. Sarnow, *Augmented reality in order picking – boon and bane of information (over-) availability*, [w:] W. Karwowski, T. Ahram (eds.), *Intelligent human systems integration 2019*, Springer International Publishing, 2019, s. 400-404.

⁶ J. Fründ, J. Gausemeier, M. Grafe, C. Matysczok, *Augmented reality as a new user interface for the layout planning of manufacturing systems*, [w:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004, s. 169-175.

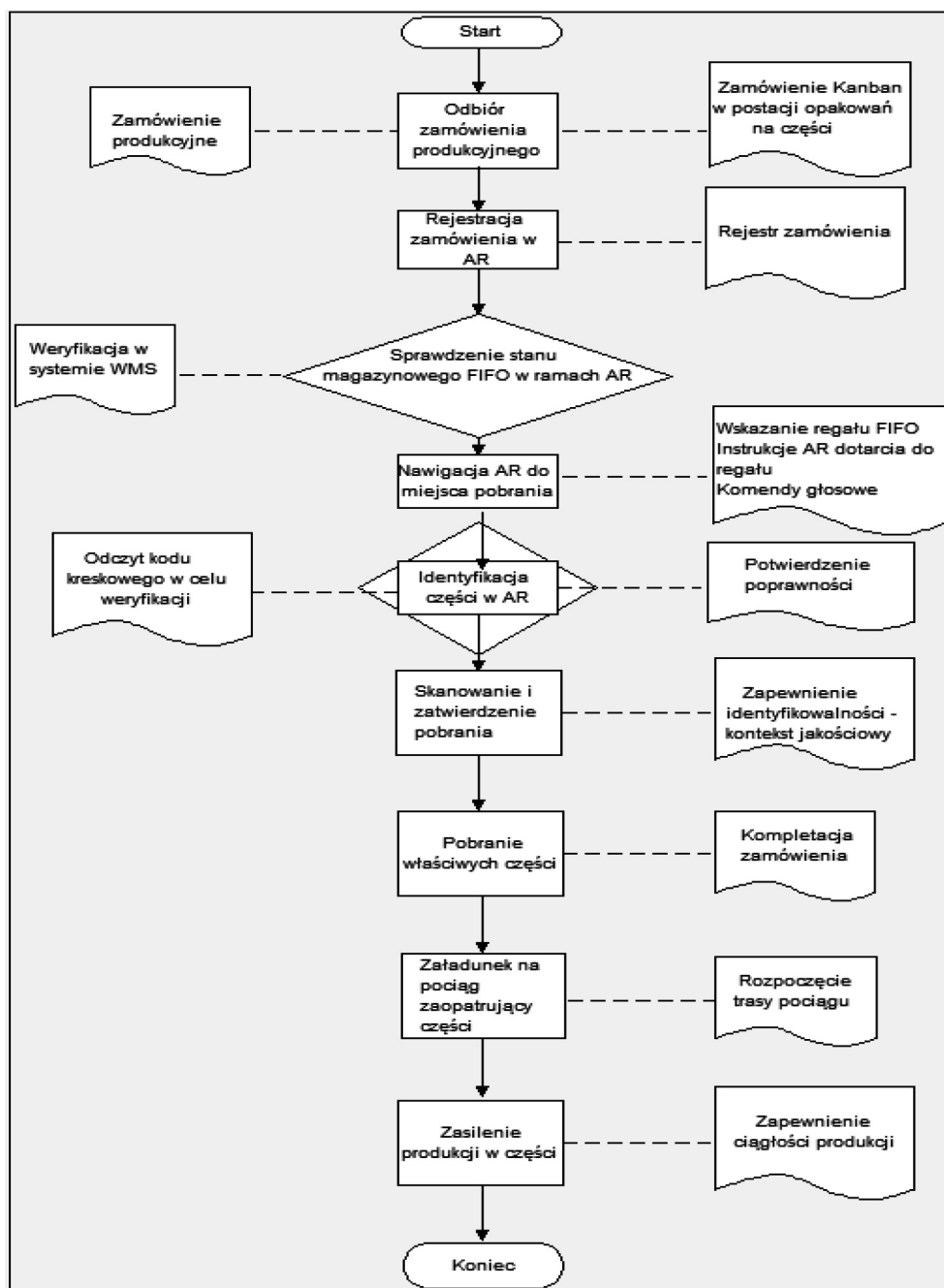
wirtualnej daje nowe możliwości⁷, a system rzeczywistości rozszerzonej umożliwia włączenie środowiska rzeczywistego⁸. Narzędzie do planowania rzeczywistości wirtualnej z opracowanym wirtualnym układem produkcji i logistyki oferuje, zdaniem autora niniejszej monografii, dobrą platformę do rozmów, ponieważ każdy, od planisty po personel operacyjny, ma ten sam immersyjny w pewnym stopniu widok i możliwość intuicyjnej manipulacji. Ważne jest to, by w procesie planowania planistom towarzyszyli wspierający ich pracownicy operacyjni, mogący wnieść swoje doświadczenie. Zwłaszcza w odniesieniu do systemów kompletacji zamówień projekt całego systemu, jeśli jest to koncepcja *man-to-goods* lub *goods-to-man*, jest niezbędny do osiągnięcia sukcesu. Nie istnieją żadne patentowe środki zaradcze dla projektu, więc najlepiej przygotować kilka wariantów i ocenić je w środowisku wirtualnym. Zintegrowana z człowiekiem symulacja może być wykorzystana do przetestowania systemu wymagającego wydajności i ergonomii, a tym samym do udoskonalenia procesu zarządzania procesów (nie tylko logistycznych) w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Rzeczywistość rozszerzona może być bardzo przydatna w różnych branżach, zwłaszcza w logistyce i gospodarce magazynowej. Ze wszystkich zadań związanych z zarządzaniem magazynem obszarem, w którym usprawnienia RR mogą być najbardziej efektywne i obiecujące, najważniejsza jest kompletacja. Wyzwania przed nią stawiane mogą się różnić na przykład w zależności od powierzchni magazynowej i dostępnej w niej przestrzeni pionowej, zastosowania – lub braku – automatycznych systemów magazynowania i pobierania, liczby pracowników i ich doświadczenia zawodowego.

Zintegrowane zarządzanie procesami logistycznymi za pomocą technologii rzeczywistości rozszerzonej możemy podzielić na pięć etapów (rysunek 4.1).

Pierwszym etapem jest nawigacja – etap niezbędny w przypadku magazynów o powierzchni większej niż 30 000 m², w których pracownicy używają pojazdów magazynowych do szybszego przemieszczania się. Magazyny średniej wielkości mogą również uwzględniać tę cechę, ponieważ w trakcie szkoleń uruchamia ona pracę pracowników niemających doświadczenia w pracy w magazynie. Sposób działania nawigacji rzeczywistości rozszerzonej jest dość prosty. Po pierwsze, pracownik używa inteligentnych okularów lub smartfona, aby otworzyć listę przedmiotów do pobrania. Może to zrobić w mniej niż minutę, w łatwy sposób przesyłając listę z systemu WMS zintegrowanego z aplikacją. Następnie oprogramowanie analizuje listę wraz z odczytem aktualnych danych o układzie magazynu i tworzy najwygodniejszą i najszybszą drogę do zebrania wszystkich artykułów. Po utworzeniu trasy aplikacja podaje instrukcje, jak dotrzeć do następnej lokalizacji. Instrukcje mają postać strzałek pojawiających się jako wirtualna

⁷ A. Banerjee, A. Halambi, B. Sharda, *A decision support system for integrating real-time manufacturing control with virtual environment*, [w:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and Augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004, s. 83-87.

⁸ G. Baratoff, H. Regenbracht, *Developing and applying ar technology in design, production, service and training*, [w:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004, s. 207-236.



Rys. 4.1. Schemat procesu zaopatrzenia linii produkcyjnej w części przy wykorzystaniu AR

Źródło: opracowanie własne.

warstwa na ekranie okularów lub smartfona, powiększająca rzeczywistość uchwyconą przez obiektyw aparatu. Nawigacja w ramach rzeczywistości rozszerzonej może być dodatkowo wzbogacona o głosowe sterowanie podstawowymi funkcjami nawigacji wewnątrz magazynu. Integracja aplikacji do rzeczywistości rozszerzonej z wewnętrznymi systemami jest dowodem na dużą cechę adaptacyjną RR.

Drugim etapem jest lokalizacja surowca/materiału – będąca logicznym kolejnym krokiem, gdy za pomocą wzbogaconej nawigacji pracownik zmierza do docelowego miejsca na magazynie. Po dotarciu pracownika w odpowiednie miejsce aplikacja automatycznie zlokalizuje element, na niego wskazując. Funkcja ta może być jednak również pierwszym krokiem w procesie kompletacji. Etap ten musi się rozpocząć od wcześniej wprowadzonej możliwości załadowania listy artykułów z systemów wewnętrznych. Znając dokładny układ magazynu oraz standardowe rozmieszczenie w nim artykułów, oprogramowanie rzeczywistości rozszerzonej analizuje grupę kodów artykułów na liście. Następnie, gdy pracownik korzysta z urządzenia do skanowania otoczenia, aplikacja wskazuje obszar, na którym znajdują się pozycje z żądanej grupy kodów. Po wybraniu przez pracownika pozycji aplikacja może przeprowadzić jej weryfikację poprzez odczyt kodów kreskowych, eliminując tym samym możliwość popełnienia błędów.

Następnym etapem jest skanowanie kodów kreskowych – elektroniczny system odczytu kodów kreskowych wdrożony w przedsiębiorstwie może zostać zintegrowany z aplikacją RR umożliwiającą automatyczne pobieranie danych z czytników kodów kreskowych do aplikacji. Analizując wdrożone już w niektórych przedsiębiorstwach systemy RR, zaobserwowano tendencję do redukcji kosztów związanych z implementacją rzeczywistości jako usprawnienia w procesach kompletacji. Redukcja polega na zastosowaniu smartfonów z zainstalowanym odpowiednim oprogramowaniem do czytywania kodów kreskowych, zastępując tym samym drogie czytniki kodów kreskowych, co uatrakcyjniła RR. Przed uruchomieniem trybu odczytu kodów kreskowych w aplikacji pracownik magazynu może wybrać określony tryb skanowania: „odprawa” lub „kompletacja”. W przypadku odprawy każda zeskanowana pozycja jest automatycznie rejestrowana w systemie WMS. W przypadku kompletacji aplikacja wyświetla na ekranie więcej informacji na temat danej pozycji i porównuje ją z pozycją na liście kompletacji. Ten rodzaj automatycznej weryfikacji kompletacji oszczędza czas i zmniejsza do minimum liczbę pomyłek podczas manualnej kompletacji.

Czwartym etapem jest proces synchronizacji danych – po zakończeniu skanowania kodu kreskowego artykułu aplikacja RR komunikuje się ze zintegrowanymi systemami (WMS, CRM itp.) i pobiera wszystkie informacje o artykule. Dzięki temu dane (opis artykułu, informacje o klientach, instrukcje wysyłkowe) są zawsze kompletne, aktualne i dokładne. Funkcja może być przydatna nie tylko do sprawdzania kompletacji artykułów, ale także do przeprowadzania audytów magazynowych i przygotowywania zamówień na doki wysyłkowe.

Ostatni etap – piąty, dotyczy wspomnianej integracji z systemami wewnętrznymi przedsiębiorstwa – aplikacja rzeczywistości rozszerzonej może tu wykazać swój pełny

potencjał. Dzięki zdalnemu dostępowi do systemów firmowych pracownicy magazynu mogą zarówno pobierać niezbędne dane (listy pozycji z systemu WMS lub informacje o klientach z CRM), jak i je wczytywać, dzięki czemu wszystkie informacje dotyczące magazynu są aktualne i łatwo dostępne dla działów marketingu i sprzedaży firmy. Co więcej, ponieważ wgrywanie danych nie wymaga od pracownika żadnych działań i odbywa się automatycznie, integracja oszczędza również czas i eliminuje ewentualne błędy ludzkie.

Aplikacje rzeczywistości rozszerzonej są dostępne zarówno dla zwykłych urządzeń przenośnych, jak i inteligentnych okularów, więc wybór urządzenia docelowego tak naprawdę zależy od tego, ile firma jest gotowa wydać na usprawnienia. Oczywiście zaletą urządzeń mobilnych jest ich łatwa dostępność. Wystarczy, że aplikacja zostanie opracowana, a pracownicy magazynu zainstalują ją na smartfonie lub tablecie i będą z niej korzystać. Aplikacja RR dla urządzeń przenośnych jest również tańsza w porównaniu z tą dla inteligentnych okularów. Zaletą posługiwania się inteligentnymi okularami jest jednak brak ograniczeń ruchowych pracownika, gdyż nie musi on niczego trzymać w ręce, a cały proces zachodzi na soczewkach inteligentnych okularów.

Jak każde oprogramowanie rozszerzonej rzeczywistości, tak i aplikacja RR do zarządzania magazynem przed włączeniem do użytkowania musi otrzymać konkretną bazę danych. Pomaganie aplikacji w nauce mapy magazynu jest pierwszym krokiem, niezależnie od tego, czy występuje w niej funkcja nawigacji, czy nie. Integracja układu magazynu z rdzeniem aplikacji i wzbogacenie jej o dane dotyczące rozmieszczenia artykułów oraz w przypadku wzbogacenia funkcji nawigacyjnej o instrukcje dotyczące lokalizacji jest obligatoryjne. Kolejnym krokiem jest nauczanie aplikacji rozpoznawania kodów kreskowych. Właściwa adaptacja aplikacji pozwala rozpoznawać wszystkie kody używane w systemach magazynowych, a także robić to szybko, prawidłowo i w różnych warunkach oświetleniowych.

Automatyzacja procesów logistycznych odbywa się przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej, za pomocą której pracownik działu logistyki będzie mógł optymalizować swoje procesy (przyjęcia towaru, przesunięcia magazynowe, wydanie towaru). Zdaniem autora zastosowanie RR w zarządzaniu procesami logistycznymi znacznie uprości wyszukiwanie towarów w magazynie oraz będzie optymalizować operacje magazynowe poprzez mechanizmy, które wybiorą najlepszą trasę i znajdą szukany asortyment. Ponadto system poprzez śledzenie zdarzeń może rejestrować odchylenia od zaplanowanych procesów, co w dużym stopniu może się przyczynić szybszego wdrażania usprawnień w ramach ciągłego doskonalenia procesów logistycznych, zapewniając przedsiębiorstwu konkurencyjną pozycję na rynku.

4.2. Uwarunkowania kształtujące logistyczny łańcuch wartości dodanej

Koncepcja łańcucha wartości implikuje postrzeganie przedsiębiorstwa jako całości wszystkich zadań i działań, jakie jednostka gospodarcza realizuje w zakresie prowadzenia działalności gospodarczej. W świetle tej teorii przedsiębiorstwo jest zbiorem pewnych operacji i przedsięwzięć związanych z tworzeniem projektów, procesem produkcji, działaniami marketingowymi, dostawami oraz serwisem⁹. Koncepcja ta przedstawia działalność przedsiębiorstwa jako ciąg czynności powiązanych ze sobą w logiczną całość, podejmowanych w czasie wytwarzania wyrobu finalnego lub usługi, prowadzących do uzyskania wartości *in plus*.

W miarę postępu globalizacji podatność na zmiany w podejściu korporacji międzynarodowych do założeń strategicznych i zmian w organizacji prowadzenia współczesnego biznesu z pewnością przyczynia się do rewitalizacji koncepcji. Międzynarodowa struktura logistyki wymusza dostosowanie podaży oferowanych towarów do rynkowego popytu. W dobie globalnej konkurencji, ze względu rosnące wymagania klientów co do wyższej jakości usług, konkurencyjnych cen i dużej elastyczności dostaw, jej zadaniem jest także zorganizowanie optymalnych przepływów wyrobów gotowych. Skuteczna realizacja wytycznych wymaga odważnych decyzji menedżerskich i wychodzenia poza klasyczne łańcuchy wartości oraz uwzględnienia nowej rzeczywistości w postaci wirtualnej, rozszerzonej, e-biznesowej i międzynarodowej sieci organizacyjnej realizującej zadania logistyczne¹⁰.

Łańcuch wartości dodanej jest narzędziem analizy konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Pozwala usystematyzować działania zmierzające do tworzenia zwiększonej wartości dla klienta. Suma dziewięciu strategicznie istotnych czynności tworzy wartość dodaną działalności gospodarczej. Wyróżnia się pięć czynności podstawowych, które są bezpośrednio związane z logistyką, produkcją i ze zbytem. Z kolei cztery czynności pomocnicze polegają na zarządzaniu, obsłudze finansowo-kadrowej, B+R i zaopatrzeniu¹¹ (rysunek 4.2). Kategoria wartości jest kluczowym pojęciem w teorii zarządzania, ponieważ przetrwanie i długoterminowy sukces przedsiębiorstwa na rynku są determinowane stałym tworzeniem i dostarczaniem klientom właściwej (oczekiwanej) wartości. Jednocześnie kategoria ta jest niejednoznaczna, gdyż może być interpretowana w wielu różnych wymiarach (ekonomiczno-rynkowym, marketingowym, aksjologicznym)¹².

⁹ T. Rojek, *Koncepcja łańcucha wartości w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 66/2014, s. 814.

¹⁰ P. Nowodziński, *Strategiczne aspekty kreowania łańcucha wartości przedsiębiorstwa w kontekście procesów logistycznych*, „Logistyka”, 4/2010, s. 119.

¹¹ D. Łangowska, *Zarządzanie łańcuchem wartości w systemie logistycznym z wykorzystaniem japońskiej filozofii pracy Kaizen*, „Logistyka”, 4/2014, s. 2114.

¹² P. Kotler, *Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola*, Gebethner & Ska, Warszawa 1994, s. 7, 33.

Uwarunkowań kształtujących logistyczny łańcuch wartości dodanej należy się doszukiwać zdaniem autora w kontekście zarządzania logistyczno-marketingowego. Centralną pozycję w marketingowo-logistycznym systemie wartości zajmuje materialno-logistyczny proces tworzenia wartości, rozumiany jako rzeczywisty proces transformacji, obejmując sieć wzajemnie powiązanych (zintegrowanych) łańcuchów tworzenia wartości. W ramach tak utworzonej sieci następuje optymalizacja materialnych i logistycznych kryteriów decydujących o atrybutach wytwarzanej w nim wartości, a więc funkcjonalności, jakości, czasu, elastyczności, kosztów i przestrzeni. Jednocześnie cały system podlega nadrzędnemu celowi, czyli dostarczeniu klientom właściwej, pożądanej wiązki wartości.



Rys. 4.2. Łańcuch wartości

Źródło: M. Porter, *Przewaga konkurencyjna*, Gliwice 2006, s. 65.

Istotną siłą napędową zmian w procesach, zarówno logistycznych, jak i ich doskonalenia, są przedsięwzięcia innowacyjne na wielu polach: projektów, technologii, produktu, usługi, procesu lub modelu biznesowego. Działalność innowacyjna powinna bazować na wykorzystaniu indywidualnej wiedzy i kompetencji dla dobra całej organizacji łańcucha. Ważne miejsce w procesach doskonalenia zajmuje wprowadzenie innowacji w sferach modyfikacji i wzrostu wartości zgodnie z logiką poszukiwania innowacji w sferze wartości w powiązaniu z komercyjnym rynkiem¹³.

Przybliżenie problematyki logistycznego łańcucha wartości dodanej, zdaniem autora, nierozzerwalnie wiąże się z produktem i jego miejscem w procesach logistycznych. Analizując sam produkt pod kątem jego charakterystyki, można postawić hipotezę, że

¹³ K. Tubielewicz, A. Tubielewicz, *Doskonalenie funkcjonowania łańcucha logistycznego na bazie strategicznej karty wyników*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom I*, PTZP, Opole 2016, s. 1045-1056.

łatwiej wpływać na zachowanie logistycznych zasad 7W w trakcie realizacji procesów logistycznych, jeśli się zna ich kluczowe cechy. Głównym celem procesów jest maksymalizacja satysfakcji klienta. Podejście procesowe do zarządzania firmą pozwala w większym stopniu uwzględnić potrzeby klientów w działalności przedsiębiorstwa. Dobre zarządzanie procesami powinno polegać na identyfikowaniu potrzeb najważniejszych klientów i próbie ich zaspokojenia, a „myślenie w kategoriach procesów pozwala poszukiwać źródeł wartości dla klientów”¹⁴.

Analiza procesów logistyki przedsiębiorstwa skierowana na wartość dodaną powinna zatem obejmować następujące etapy:

1. Identyfikację i hierarchizację procesów realizowanych w przedsiębiorstwie.
2. Określenie roli procesów w tworzeniu wartości dla klienta.
3. Pomiar i ocenę rezultatów procesów.
4. Propozycje doskonalenia procesów.

Na poziomie etapu pierwszego odbywa się określenie sprawności całego systemu logistycznego, co wymaga dokładnej analizy sprawności poszczególnych procesów logistycznych występujących w przedsiębiorstwie. Typowymi elementami każdego procesu w przedsiębiorstwie są: nazwa powiązana z zakresem działalności przedsiębiorstwa, podstawowe cele procesu, kategoria oczekiwanego lub pożądanego wyniku i jego odbiorcy, warunki wstępne realizacji procesu, główni uczestnicy procesu, reguły inicjacji procesu, składowe działań procesu oraz miary poprawności realizacji procesu i prawidłowości wyniku. Sprawność procesów logistycznych można sprawdzić w łatwy sposób za pomocą wcześniej ustalonych wskaźników, tzw. KPI (*Key Point Indicators*).

W drugim etapie analizy wyróżnione realizowane w przedsiębiorstwie procesy logistyczne powinny być ocenione pod kątem ich wpływu na tworzenie wartości dodanej. Ze względu na wartość, jaką generują procesy dla klienta, możemy podzielić je na procesy podstawowe (logistyka zaopatrzenia, organizacja produkcji od strony logistycznej a więc logistyka produkcji, logistyka dystrybucji); procesy pomocnicze (magazynowanie, transport wewnętrzny); procesy zarządcze (procesy informacyjno-decyzyjne – aspekt dynamiczny, które przebiegają w określonej strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa – aspekt statyczny). Na tym etapie sprawdzane są koszty każdego z procesów i ich wpływ na wartość wytworzenia wyrobu gotowego, stosunek kosztów poszczególnych procesów wobec ogólnych kosztów związanych z wytwarzaniem dóbr, kosztami ogólnymi ponoszonymi przez przedsiębiorstwo.

Etap trzeci polega na tym, że wszystkie procesy realizowane w przedsiębiorstwie należy przejrzeć pod względem ich ekonomicznej efektywności, czyli relacji ponoszonych nakładów i efektów działania (np. koszt wytworzenia jednego produktu). Jeżeli relacje nie mogą zostać wyrażane w mierniku pieniężnym, to wykorzystać można mierniki niefinansowe (np. czas produkcji lub obsługi klienta).

¹⁴ A. Sopińska, *Procesowa organizacja przedsiębiorstwa*, [w:] M. Romanowska, M. Trocki (red.), *Procesowe podejście w zarządzaniu TQM*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2004, s. 52.

Ostatni czwarty etap to doskonalenie procesów, będące następstwem analizy procesowej. Po systematycznej analizie i ocenie procesów można zaproponować kierunki doskonalenia istniejących procesów. Doskonalenie polega na stałym poszukiwaniu możliwości ulepszania procesów w codziennej działalności, a także usprawnianiu relacji między procesami. W konsekwencji doskonalenie procesów ma spowodować polepszenie jakości i (lub) produktywności, obniżyć koszty działań, a w ostatecznej ocenie przyczynić się do wzrostu efektywności całej organizacji.

Podsumowując, należy stwierdzić, że celem budowania przewagi konkurencyjnej jest wyodrębnienie spośród ogółu zadań realizowanych w ramach działań logistyki tylko tych działań, które są źródłem wartości dla klienta. Pozwala to w sposób metodyczny analizować liczne działania logistyczne, zaczynając od tych najbardziej kosztownych – aby ustalić, czy spełniają one kluczowy warunek, którym kieruje się również klient. Logistyczny łańcuch wartości dodanej to część strategicznego zarządzania logistycznego, czyli wielowymiarowego działania twórczego i dynamicznego obejmującego najważniejsze dla przedsiębiorstwa procesy informacyjno-decyzyjne oraz procesy tworzenia i zastosowania wiedzy. Jego przedmiotem są kluczowe problemy przedsiębiorstwa decydujące o jego przetrwaniu i rozwoju. Prowadzona przez autora analiza wartości dodanej ma na celu uwypuklenie wpływu innowacyjnych rozwiązań, do których bezsprzecznie należy rzeczywistość rozszerzona, na wynikową działalność przedsiębiorstwa.

Uwarunkowania tworzące logistyczny łańcuch wartości dodanej możemy podzielić na trzy główne obszary, w ramach których można dokonać analizy i sprawdzić procentowy udział wydatków na logistykę w całości wydatków przedsiębiorstwa, ponoszonych w ramach produkcji wyrobów dla klienta. Analiza pozwala również wyliczyć koszty logistyczne na jedną sztukę produkowanego wyrobu.

Pierwszym uwzględnionym obszarem poddanym analizie jest **logistyka zaopatrzenia**, czyli logistyka wejścia. Analizie poddawane są wszystkie procesy związane z dostarczaniem towarów do magazynu przedsiębiorstwa, magazynowanie zarówno od strony infrastruktury logistycznej, jak również samego zatrudnienia, a więc obsady magazynu, która jest potrzebna do zapewnienia prawidłowej pracy przedsiębiorstwa. Możemy tutaj wyróżnić: koszty transportów surowców i materiałów do produkcji, koszty utrzymania magazynu, koszty leasingu wózków widłowych, koszty związane z zatrudnieniem.

Drugim obszarem jest **logistyka wewnętrzna**. Analizie poddawane są procesy związane z przygotowaniem i kompletowaniem surowców i materiałów w celu zaopatrzenia linii produkcyjnych, z transportem wewnętrznym, a także potrzebną do jego obsługi załogą. Koszty brane pod uwagę w tym obszarze przede wszystkim stanowią koszty zatrudnienia na przepaku (kompletacji) części, operatorów wózków widłowych, pociągów, które dostarczają części na linie produkcyjne, leasing wózków widłowych, pociągów.

Trzeci obszar to **logistyka dystrybucji**, a więc poddane analizie zostaną takie procesy, jak magazynowanie wyrobów gotowych, obsada magazynu, transport wyrobów gotowych do klientów. W tym obszarze wyróżnić możemy koszty transportu wyrobów gotowych, koszty leasingu wózków widłowych, koszty zatrudnienia, koszty utrzymania

magazynu. Tak zebrane koszty (w ujęciu rocznym) dla każdego z obszarów są porządkowane według głównych procesów i odnoszone do rocznej produkcji, czego wynikiem jest jednostkowy koszt danego procesu dla wyprodukowanej sztuki wyrobu gotowego. Podobnie sprawa wygląda, jeśli chodzi o wyliczanie procentowego udziału kosztów poszczególnych procesów w ramach danego obszaru względem całkowitego wydatku przedsiębiorstwa, dzięki czemu można sprawdzić, na jakim poziomie procentowym kształtują się koszty logistyczne wobec całkowitych kosztów przedsiębiorstwa.

Rozłożenie kosztów na poszczególne etapy tworzenia logistycznej wartości dodanej pozwala na efektywniejsze zarządzanie procesami poprzez stworzenie zintegrowanego systemu logistycznego, służącego minimalizacji kosztów produkcji i kosztów transakcji w ramach łańcucha wartości, a tym samym uzyskaniu niższej ceny i lepszej obsługi klienta. Analiza logistycznego łańcucha wartości dodanej przedsiębiorstwa pozwala również na podjęcie decyzji o tym, który spośród wszystkich procesów pomocniczych z ekonomicznego punktu widzenia zlecać w ramach outsourcingu. Poprawa efektywności w ramach łańcucha wartości mogłaby zatem zostać uzyskana przez powierzenie działalności pomocniczej bardziej wyspecjalizowanej firmie.

W przeszłości analiza łańcucha wartości skupiała się bardziej na logistyce, na ręcznym aspekcie procesu oraz na optymalizacji aspektów zmechanizowanych. Dziś jest ona bardziej skoncentrowana na automatyzacji, digitalizacji procesu oraz koordynacji i integracji wszystkich elementów łańcucha dostaw. Ze względu na to, jak ewoluowało zarządzanie łańcuchem wartości, odgrywa ono kluczową rolę w radzeniu sobie z coraz większą złożonością łańcuchów dostaw na całym świecie. Zarządzanie łańcuchem wartości polega przede wszystkim na umożliwieniu przepływu produktów, informacji i finansów, optymalizacji procesów, w których się one znajdują, tworzeniu lepszej wartości w relacjach między firmami, a także na poprawie ogólnej efektywności biznesu.

Zarządzanie łańcuchem wartości przynosi wiele korzyści, w tym sprawniejszy przepływ materiałów i produktów, płynny przepływ informacji oraz lepszy przepływ finansów. Czas potrzebny na dostarczenie produktu końcowemu odbiorcy stanowi kluczowy czynnik oceny efektywności całego procesu logistycznego. Im szybciej produkt dociera do konsumenta końcowego, tym bardziej efektywny jest jego przepływ. Są również inne czynniki warte rozważenia, takie jak jakość materiałów i produktów, które ostatecznie trafiają do konsumenta, równowaga podaży i popytu, związane z tym koszty itd. Gdy zarządzanie łańcuchem wartości jest skutecznie wdrażane, przepływ produktów i materiałów ulega poprawie dzięki dokładnemu prognozowaniu sprzedaży i popytu, jak również dzięki lepszemu zarządzaniu zapasami. Opóźnienia są minimalizowane, a produkty są widoczne i identyfikowalne w całym łańcuchu dostaw.

Klienci stale wymagają reakcji w czasie rzeczywistym, a także łatwego dostępu do treści dotyczących produktów i innych aspektów łańcucha dostaw. Przepływ informacji w takim środowisku nigdy nie powinien być przerywany. Jeśli informacje są przerywane lub niewystarczające, to relacje między klientami a dostawcami stają się napięte. Gdy zarządzanie łańcuchem wartości jest skutecznie wdrażane, wąskie gardła w przepły-

wie informacji są usuwane, jakość informacji jest oceniana, a rozwiązania są wdrażane w celu wypełnienia luk informacyjnych.

Zdaniem autora monografii prawidłowe zarządzanie łańcuchem dostaw nie tylko przynosi poprawę przepływu produktów, ale także poprawę przepływu środków pieniężnych. Typowy łańcuch dostaw będzie obejmował tysiące, jeśli nie dziesiątki tysięcy płatności i faktur rocznie. Ponieważ wpływy i wypływy środków pieniężnych są zmienne i nieprzewidywalne, sytuacja staje się jeszcze bardziej złożona. Zarządzanie łańcuchem wartości pomaga przedsiębiorstwom radzić sobie z wyzwaniami związanymi z przepływami finansowymi, umożliwiając im ocenę bieżących procesów, wyszukiwanie słabych ogniw, które utrudniają te procesy, oraz znalezienie rozwiązań problemu.

Z pomocą zarządzania łańcuchem wartości przedsiębiorstwa mogą zoptymalizować przepływ informacji, produktów i finansów. Mogą korzystać z tych udoskonalonych metod w celu zidentyfikowania nowych możliwości rynkowych i wykorzystania ich, a także zmniejszenia ryzyka, które zagraża ich działalności. Dzięki skutecznemu zarządzaniu łańcuchem wartości poprzez ciągły proces przedsiębiorstwa mogą oceniać swoje procesy i wypełniać wszelkie luki. Mogą one rozwijać się równolegle. Rzeczywistość rozszerzona, chcąc skutecznie realizować swoją strategię, wnosi obniżkę kosztów do łańcucha wartości dodanej.

4.3. Realizacja strategicznych celów logistycznych a wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej

Przedsiębiorstwo musi przekształcić swoją strategię ogólną na poszczególne funkcje przedsiębiorstwa (marketing, produkcja, sprzedaż, finanse, logistyka) i zapewnić spójność działania między poszczególnymi funkcjami. Strategie logistyczne należą do grupy strategii funkcjonalnych. Strategie logistyczne podporządkowane są strategii przedsiębiorstwa i gwarantują osiągnięcie celów przedsiębiorstwa w obszarze logistyki. Strategie logistyczne to sposoby postępowania w zakresie budowy i eksploatacji systemu logistycznego, dostarczające modelowych rozwiązań w zakresie planowania, przemieszczania materiałów, prowadzenia dystrybucji, kształtowania stosunków z dostawcami i odbiorcami. Są to konkretne procedury działania z określonymi zasadami wdrożenia i oceny¹⁵. W ujęciu czynnościowym strategia w przedsiębiorstwie jest planem, w którym zawarte są zadania odnoszące się do jego funkcjonowania w przyszłości. Obejmuje on zbiór długofalowych celów i zadań oraz wynikających z nich przedsięwzięć realizacyjnych. W ujęciu rzeczowym to zaś podejście zmierzające do najbardziej korzystnego wyróżnienia się przedsiębiorstwa na tle konkurentów. W przypadku strategii nie ma znaczenia, czy jest ona rozumiana w ujęciu czynnościowym, czy rzeczowym – ma bowiem zawierać schemat, zarys działań, jakie mają być wykonane w przyszłości.

¹⁵ J. Marciniak, *Strategiczne aspekty logistyki w warunkach polskich*, „Logistyka”, 3/2012, s. 1457.

Kluczową ideą strategii jest próba określenia sposobów uzyskania przewagi konkurencyjnej. Wyboru określonej strategii dokonuje się spośród różnych wariantów działań. Przedsiębiorstwo wykorzystuje w tym celu którąś ze strategii generalnych albo opartą na idei przywództwa kosztowego strategię wiodącej pozycji pod względem kosztów, wymagającą dużego udziału w rynku, agresywnego inwestowania, aktywnej polityki cenowej, ścisłej kontroli kosztów, zdobywania doświadczenia i minimalizacji kosztów. Druga możliwość polega na zróżnicowaniu wyrobu lub usługi firmy, a więc na tworzeniu unikatowości. Można ją uzyskać poprzez główne cechy produktu, sposób sprzedaży lub akwizycji, technologię, wzór, markę itd. Trzecia strategia oparta jest na koncentracji, czyli nastawieniu się na obsługę wybranego segmentu rynku, w którego ramach dąży się do obniżki kosztów lub zróżnicowania albo jednego i drugiego.

Wzrost znaczenia logistyki w aspekcie pogłębiania się jej integracyjnych i strategicznych aspektów w strukturze przedsiębiorstwa ujawnia się w różnych przekrojach. Można wyodrębnić trzy podstawowe, różniące się stopniem integracji (poziomej, pionowej, hierarchicznej) opcje strategiczne logistyki, a mianowicie: strategię funkcjonalną, strategię systemową, strategię integrującą.

Strategia funkcjonalna znajduje się na najniższym poziomie integracji logistycznej. Oznacza to, że strategia logistyki może obejmować jej różne funkcje, a w konsekwencji ujawniać się w postaci cząstkowych strategii funkcjonalnych, np.: logistycznej strategii transportu, logistycznej strategii w sferze zaopatrzenia lub logistycznej strategii w sferze zbytu. Strategia funkcjonalna logistyki jest traktowana tutaj równorzędnie z innymi strategiami funkcjonalnymi, czyli ze strategią marketingową, produkcji, finansów, strategią badań i rozwoju.

Strategia systemowa stanowi kolejny stopień integracji logistycznej. Oznacza przyjęcie systemowej orientacji na strategiczne kształtowanie logistycznego łańcucha tworzenia wartości w skali przedsiębiorstwa. Pojmowanie logistyki jako systemowej strategii koordynacyjnej umożliwia całościowe nastawienie przedsiębiorstwa zgodnie z zasadami logistycznego myślenia i działania.

Strategia integrująca, zwana inaczej zintegrowaną, jest trzecim i najwyższym stopniem integracji logistyki. Tutaj zasady logistycznego myślenia i działania stanowią część składową generalnej strategii przedsiębiorstwa. W tym przypadku logistyka nie jest traktowana jako przekrojowa funkcja tworząca styki z innymi obszarami funkcjonalnymi w przedsiębiorstwie, lecz jako dziedzina przenikająca i stymulująca (determinująca) w znacznym stopniu pozostałe sfery funkcjonowania i zarządzania w przedsiębiorstwie.

Strategiczne cele logistyczne są osiągane dzięki efektywności sfery logistyki. Logistyka stanowi orientację efektywnościową w ujęciu systemowym, opierającą się na kompleksowej analizie i kształtowaniu optymalnego poziomu i struktury nakładów oraz ich transformacji w koszty, w której podstawową rolę odgrywa dążenie do uzyskania odpowiedniego poziomu oraz jakości świadczonych usług i obsługi klientów¹⁶. Efektywność

¹⁶ P. Blaik, *Efektywność logistyki. Aspekt systemowy i zarządczy*, PWE, Warszawa 2015, s. 44.

to miara określająca relacje między uzyskanymi wynikami a wykorzystywanymi zasobami. Relacja pieniężna między osiągniętymi wynikami a wielkością poniesionych nakładów jest określana jako efektywność finansowa, zwana również ekonomiczną, czyli jest powszechnie stosowaną miarą efektywności gospodarowania. Natomiast efektywność operacyjna odnosi się do organizacji procesów i wyraża się poprzez zmniejszenie zużycia środków produkcji na jednostkę produktu¹⁷.

W literaturze logistycznej podkreśla się często, że efektywna logistyka oznacza zapewnienie tzw. 7W. Istotą w tym kontekście jest zatem zagwarantowanie spójności między poziomem obsługi a poziomem kosztów, które z tego poziomu wynikają i determinują poziom cen żądanych od klientów. Warunkiem umiejętnego równoważenia tych zagadnień jest nie tylko identyfikacja kluczowych dla klienta parametrów obsługi dostawczej i ich pomiar oraz standaryzacja, lecz także właściwe definiowanie i rozliczanie kosztów obsługi. Ciągłe dążenie przedsiębiorstw produkcyjnych do zwiększenia sprawności procesów logistycznych opiera się w głównej mierze na założeniu, że niezależnie od tego, jak doskonały jest proces, zawsze można go usprawnić. Przedsiębiorstwa powinny zatem koncentrować uwagę na efektywności procesów logistycznych poprzez racjonalizację działań w zakresie kształtowania potencjałów i korzyści ekonomiczno-rynkowych. Efektywność procesów logistycznych powinna być czynnikiem integrującym partnerów działających w łańcuchu logistycznym i inspirującym do kreatywnego stosowania nowoczesnych metod i narzędzi zarządzania. Celem tej integracji będzie uzyskanie optymalnego rezultatu działania przedsiębiorstwa produkcyjnego w postaci wysokiej efektywności wszystkich procesów i najniższych kosztów przy zachowaniu wysokiej jakości obsługi klienta.

Coraz więcej firm z branży motoryzacyjnej wykorzystuje technologię rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej do takich zadań, jak kompletacja części i zarządzanie zapasami, a także do celów szkoleniowych. Rośnie wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej – od ulepszonych procesów projektowania i produkcji po nowatorskie programy szkoleń i praktyk dla pracowników – w zastosowaniach przemysłowych do realizacji celów logistycznych. Wiele wczesnych przykładów użycia obu technologii w branży motoryzacyjnej koncentrowało się na zarządzaniu magazynem i kompletacji produktów. W konsekwencji doskonalenia technologii i zwiększania asortymentu produktów na rynku ich zastosowanie AR może pójść znacznie dalej. AR może być bowiem użyta w wielu działaniach: od konserwacji i szkoleń po tworzenie prototypów i wizualizację produktów lub części, a także poprawę wydajności i bezpieczeństwa aut.

W segmencie pojazdów luksusowych rzeczywistość rozszerzoną wykorzystuje się również do zwiększenia produkcji, obniżenia kosztów projektowania i zapewnienia klientom lepszych doświadczeń. Jeśli chodzi o zastosowanie AR w logistyce, to jednym z liderów jest BMW, które w ramach projektu pilotażowego w swoim zakładzie w Monachium używa obecnie inteligentnych okularów. Firma testuje okulary ODG, Vuzix i Go-

¹⁷ S. Zapłata, *Ocena systemu zarządzania jakością w organizacji*, „Przegląd Organizacyjny”, 3/2003, s. 37.

ogle, które technicznie są wykorzystywane jak noszony na nosie monitor, służący do wyświetlania informacji o pobraniu w polu widzenia pracownika, a interakcja z systemem zarządzania magazynem odbywa się za pomocą skanowania kodów kreskowych. Dwumiesięczne badania sugerują 22-procentową oszczędność czasu i 33-procentową redukcję błędów podczas typowej ośmiogodzinnej zmiany wspartej wykorzystaniem omawianej technologii, a pracownicy okazali się zadowoleni z interfejsu użytkownika.

Fraunhofer Institute for Software and Systems Engineering (ISST) w Niemczech jest jednym z kilku ośrodków w UE, który bada szersze zastosowanie technologii rzeczywistości rozszerzonej. Instytut prowadzi badania nad wykorzystaniem AR w gospodarce magazynowej, a więc jednym z głównych zastosowań AR w magazynach, jako wsparcie procesów operacyjnych zarówno stałe, jak i tymczasowe. Jednym z przykładów stałej aplikacji jest technologia *pick-by-vision*, w której urządzenia AR są wykorzystywane do podświetlania pudełek lub miejsc na półkach w celu pobrania towaru lub optymalizacji instrukcji pakowania. Natomiast wśród zastosowań tymczasowych AR można wymienić szkolenie nowych pracowników, wprowadzanie nowych procesów lub udzielanie wskázówek dotyczących rzadko wykonywanych zadań, np. niektórych procedur konserwacyjnych przeprowadzanych przez operatora.

Wśród podmiotów wdrażających tę technologię znajduje się VW Group, podejmujący szereg inicjatyw związanych z AR w kilku spółkach grupy. Na przykład firma Skoda wprowadziła innowacyjny system mapowania wideo w zakładzie w Mlada Boleslav w Czechach, starając się pomóc pracownikom w doborze materiałów, dostarczając im obszernych informacji i zwracając uwagę na ewentualne błędy w procesie. Firma VW wykorzystuje też okulary AR do prezentacji cyfrowych informacji szkoleniowych na temat różnych procedur, do których praktykanci mają szybki dostęp w trakcie pracy. Zdaniem firmy powinno to pomóc pracownikom w rozwijaniu umiejętności samouczenia się i umożliwić praktykantom dostosowanie zachowań edukacyjnych do warunków panujących w zakładzie.

Innym producentem OEM, który rozpoczął wprowadzanie technologii AR, jest firma Ford, która w wartym 45 mln USD Advanced Manufacturing Center w Redford w stanie Michigan dąży do zwiększenia wykorzystania wielu nowych technologii, w tym druku 3D, AR, VR i robotyki.

Niemiecki dostawca usług logistycznych DB Schenker ściśle współpracuje z Fraunhofer IML nad licznymi eksperymentami w branży motoryzacyjnej. Pierwszym z nich jest program szkolenia pracowników opracowany we wspólnym laboratorium Enterprise Lab for Logistics and Digitalisation, którego celem jest usprawnienie procesów pakowania i kompletacji zamówień. Według DB Schenker program ten opiera się na sześciu ćwiczeniach – każde z nich przekazuje szkolącym się wiedzę o różnych etapach, zachęcając do nauki w formie zabawy. Po udanym wprowadzeniu rozwiązania w zakładzie DB Schenker w Lipsku firma planuje je wdrożyć do innych zakładów logistyki kontraktowej.

Rzeczywistość rozszerzona w połączeniu z urządzeniami komputerowymi – inteligentnymi okularami, smartfonami, tabletami i komputerami montowanymi na nad-

garstku – jest powszechnie stosowana do zadań z zakresu intralogistyki, takich jak zarządzanie przychodzącymi częściami, kompletacja zamówień i sortowanie sekwencyjne, zwłaszcza w przypadku połączonych scenariuszy *just-in-time* i *just-in-sequence*.

Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w procesach logistycznych pozwoli nie tylko skrócić czas operacji logistycznych, ale także podnieść jakość procesów. Redukcja czasu realizacji jest ważnym elementem doskonalenia procesów: prawie automatycznie daje odpowiedź na pytanie, jak usunąć niepotrzebne zadania, marnotrawstwo, a także czas oczekiwania z różnych procesów. Poszukiwanie możliwości skrócenia czasu realizacji pomaga skupić się na działaniach usprawniających. Skrócenie czasu realizacji poprzez wyeliminowanie marnotrawstwa i czasu oczekiwania oznacza również lepszą kontrolę nad procesem. Dzięki skróceniu czasu realizacji można również zmniejszyć zmienność czasu realizacji. Z punktu widzenia klienta przynosi to zatem podwójny pozytywny rezultat: oprócz skrócenia czasu realizacji zwiększa się również dokładność dostaw.

Udział rzeczywistości rozszerzonej w strategicznych celach logistycznych możemy przyporządkować czterem obszarom, takim jak:

1. Zarządzanie – zastosowanie rzeczywistości rozszerzonej umożliwia monitorowanie pracowników. Dane procesowe i przepływy pracy podczas każdej czynności mogą być rejestrowane w sposób ciągły. Dzięki temu możliwe jest modelowanie procesów podczas wykonywania czynności przez pracowników. Rzeczywistość rozszerzona może na przykład przedstawiać oceny pracownika kompletującego zamówienie na podstawie codziennej wydajności i przypisywać zadania dla każdego pracownika tego procesu w zależności od obciążenia pracą w czasie rzeczywistym lub priorytetu zadań w obszarze kompletacji.
2. Przepływ informacji – komunikacja, jako przypadek pomocniczy, może być wykorzystywana w formie wyświetlania list kontrolnych do kompletacji zamówień lub planów kontroli inwentaryzacji. Poprzez umożliwienie dwukierunkowej transmisji/transmisji wideo osoby trzecie mają dostęp do widoku użytkowników AR (np. w celu wewnętrznej lub zewnętrznej zdalnej konserwacji). Ponadto AR może uprościć komunikację przez tłumaczenie tekstów lub piktogramów. Główne korzyści wynikające z zastosowania AR w logistyce to dostarczenie pracownikowi jak największej liczby informacji o produkcie. Informacje, takie jak pokrycie zapasów, dane FIFO (pierwsze weszło, pierwsze wyszło) i potwierdzenie jakości, są bardzo skutecznym narzędziem łączącym pracownika z przedsiębiorstwem produkcyjnym.
3. Usługi o wartości dodanej i zapewnienie jakości – dzięki zastosowaniu AR można również realizować zautomatyzowaną kontrolę w logistyce. W tym przypadku można nie tylko wykryć błędy i przekazać pracownikowi informację zwrotną, ale także wykryć i zgłosić błędy pracowników popełnione podczas wprowadzania informacji. Zwłaszcza w przypadku zapewnienia jakości potencjalnymi scenariuszami zastosowania są dokumentacja szkód i zautomatyzowane przekazywanie informacji do zarządzania jakością.

4. Przypadki zastosowania specyficzne dla danego etapu – głównie chodzi tu o identyfikację, stanowiącą zbiór kluczowych funkcji, w tym rozpoznawanie obiektów na podstawie zapisanych cech, takich jak kolor, rozmiar i geometria, a także identyfikacja za pomocą paska i kodu QR. Ponadto wstawiona funkcja nawigacyjna oferuje pracownikowi możliwość uzyskania instrukcji nawigacyjnych zarówno statycznych, jak i dynamicznych. Pracownik może wybrać najlepszą drogę do miejsca docelowego za pomocą wyświetlanych map magazynu i informacji o ruchu drogowym w czasie rzeczywistym w celu uniknięcia wypadków lub zatorów. Wykorzystanie funkcji AR do zwiększenia bezpieczeństwa może być realizowane przez wyświetlanie instrukcji ostrzegawczych, na przykład o ryzyku złamania poszczególnych artykułów, lub instrukcji bezpieczeństwa związanych z procesem. W obu sytuacjach do przekazywania komunikatów ostrzegawczych mogą być wykorzystywane sygnały akustyczne, optyczne lub haptyczne.

Rzeczywistość rozszerzona oferuje zestaw kluczowych możliwości mogących znacząco poprawić wydajność, skuteczność i efektywność kosztową działalności logistycznej. Poprzez optymalizację operacji magazynowych, takich jak kompletacja, pakowanie i załadunek, zaopatrywanie linii produkcyjnych, a także poprawę szkolenia pracowników i rozszerzenie listy usług, przedsiębiorstwa produkcyjne mogą zmniejszyć swoje wydatki i zwiększyć przychody.

Technologia rzeczywistości rozszerzonej jest w stanie przyspieszyć procesy o 15-35% w zależności od aktualnych poziomów wydajności, a także prowadzić do niemal całkowitego wyeliminowania błędów popełnianych na etapie kompletacji. Omawiana technologia zwiększy satysfakcję pracowników z pracy dzięki większej ergonomii procesów, możliwości wykorzystania terminala komputerowego zastępującego papierowe listy, a także dzięki ograniczeniu liczby zadań. Zdaniem autora AR umożliwi również bardziej elastyczne dostosowanie rozmieszczenia pracowników dzięki lepszemu prowadzeniu pracowników i intuicyjnemu przekazywaniu informacji wizualnych w sposób mobilny. Dzięki omawianej technologii nawet nowi lub tymczasowi pracownicy mogą lepiej wykonywać swoje zadania, ponieważ AR pokazuje im, co, jak i kiedy powinni zrobić. Dzięki rozmowom telefonicznym prowadzonym za pośrednictwem inteligentnych okularów pracownicy mogą skontaktować się z przełożonym i uzyskać pomoc, niezbędne wskazówki lub zgodę na wykonanie jakiejś czynności. Najważniejsze zalety rzeczywistości rozszerzonej stanowią równoległość odczytu, pobrania i skanowania zamówień oraz związana z tym oszczędność czasu.

Model referencyjny wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie produkcyjnym

5.1. Założenia modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej

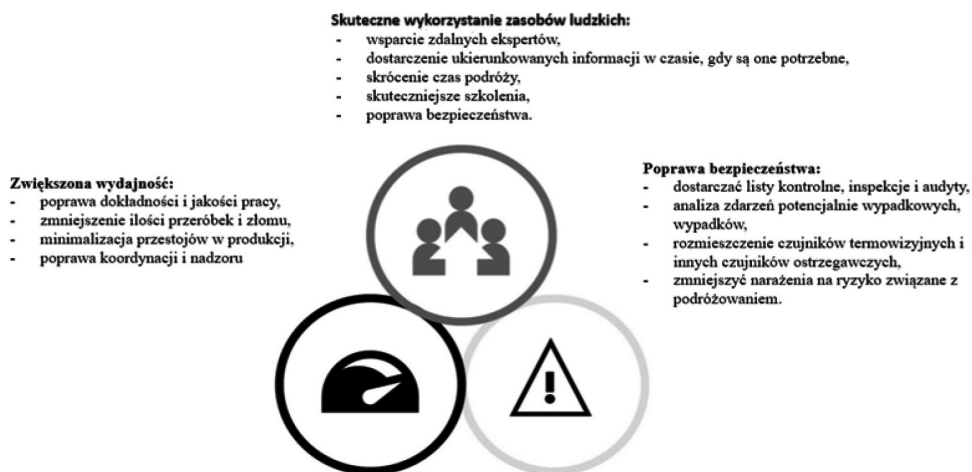
AR ma potencjalne zastosowanie w wielu obszarach logistyki obsługiwanych przez człowieka, w których liczbę błędów w obsłudze można znacznie zminimalizować dzięki dodatkowym informacjom. Chociaż dostępna literatura na ten temat jest ograniczona, można wskazać przypadki praktycznego zastosowania AR w logistyce wewnętrznej, które obejmują dobre przyjmowanie, przechowywanie, kompletację, wysyłkę i inwentaryzację. Wiele usług logistycznych może mieć wartość dodaną dzięki zastosowaniu AR.

Jak dotąd, kompletacja zamówień jest dziedziną, w której przeprowadzono najwięcej badań dotyczących wykorzystania AR w logistyce. Ze względu na złożoność operacyjną i znaczenie ekonomiczne (ponad 50% kosztów magazynowych ponoszonych w obszarze kompletacji)¹ jest to również obszar wykazujący ogromny potencjał do optymalizacji procesów w logistyce.

Zastosowanie rzeczywistości rozszerzonej w formie wsparcia w zarządzaniu procesami logistycznymi, zdaniem autora niniejszej monografii, przyniesie poprawę wyników w takich obszarach, jak: wydajność, jakość, bezpieczeństwo (rysunek 5.1).

Wydajność pracowników jest kluczem do sukcesu firmy. Nawet doskonałe produkty lub usługi firmy mogą bowiem zawieść odbiorców, jeśli pracownicy nie będą uzyskiwać dobrych wyników. Wydajność pracowników można zdefiniować jako sposób, w jaki wykonują oni obowiązki służbowe. Ogromną rolę w poprawie tego procesu odgrywa technologia. Można powiedzieć, że partnerstwo między ludźmi a inteligentnymi maszynami

¹ V. Giannikas, W. Lu, B. Robertson, D. McFarlane, *An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies*, "International Journal of Production Economics", 189/2017, s. 63-76.



Rys. 5.1. Wydajność, jakość, bezpieczeństwo a rzeczywistość rozszerzona

Źródło: opracowanie własne.

jest wyjątkowe, wszak człowiek i maszyna razem czynią cuda. AR pomaga zakładom produkcyjnym w zwiększeniu wydajności przez wzmocnienie pozycji pracowników fizycznych. Łącząc w czasie rzeczywistym pracowników z instrukcjami, materiałami referencyjnymi i informacjami potrzebnymi do wykonania ich pracy, technicy niemający doświadczenia w wykonywaniu złożonych zadań mogą szybko dopasować się do wydajności wieloletnich pracowników, a nawet pracować szybciej, popełniając mniejszą liczbę błędów. Takie działanie nie tylko pomaga wypełnić braki w umiejętnościach, ale także zwiększa wartość dodaną, jaką pracownik wnosi do firmy, nie zakłócając jej rutyny i nie wymagając uciążliwych szkoleń.

Rzeczywistość rozszerzona, jak wspomniano, radykalnie zwiększa wydajność pracowników, co przekłada się na ich większe zadowolenie i większe bezpieczeństwo. Gdy efektywna logistyka przynosi realny zysk i wpływa na zwiększenie efektywności magazynowania oraz innych procesów logistycznych, wykazuje ogromny potencjał ekonomiczny. Udowodniono, że inteligentne okulary zapewniają 15-procentową poprawę wydajności operacji *pick and place* w magazynie, skutecznie prowadząc pracowników do celu i umożliwiając im uniknięcie błędów podczas pracy.

Rzeczywistość rozszerzona oznacza przełom w doskonaleniu pracy magazynu. Jednym z pierwszych, a przy tym najbardziej obiecujących obszarów jej zastosowania jest proces zbiórki, o czym wielokrotnie pisano w niniejszej monografii. Kompletacja wspomagana narzędziami rzeczywistości rozszerzonej określana jest mianem *Pick by Vision*. Inteligentne okulary można metaforycznie określić jako pomost między magazynierem a informatycznym systemem zarządzającym magazynem WMS (*Warehouse Management System*). WMS deleguje zadania poprzez komendy głosowe i dostarcza wizualizacji

wspomagających wykonanie zlecenia. Wykonanie operacji potwierdzane jest przez pracownika głosowo. Do skanowania etykiet może posłużyć wbudowana w oprawę okularów kamera. Obecny poziom zaawansowania technologicznego powoduje, że metoda *Pick by Vision* ma kilka istotnych ograniczeń powstrzymujących jej upowszechnienie na szeroką skalę. Proces zbiórki nie jest jedynym obszarem wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w magazynie, bowiem z powodzeniem może ona też wspierać przyjęcie i wydanie towaru, inwentaryzację czy służby techniczne podczas prac serwisowych. Rzeczywistość rozszerzona daje wiele możliwości zwiększenia wydajności i oszczędności w wielu obszarach logistyki, obejmując transport, magazynowanie i optymalizację trasy. Zapewnienie pracownikom bardziej efektywnych sposobów wykonywania pracy stanowi jeden z najlepszych przypadków wykorzystania zwrotu z inwestycji w dzisiejszym środowisku biznesowym.

Tabela 5.1. Zalety i wady wykorzystania technologii rzeczywistości rozszerzonej w procesie *Pick by Vision*

Zalety <i>Pick by Vision</i>	Ograniczenia <i>Pick by Vision</i>
1	2
Wygoda pracownika – inteligentne okulary są lekkie, ergonomiczne, posługiwanie się nimi nie angażuje rąk użytkownika, co przekłada się na wysoki komfort pracy. Wysoka elastyczność – <i>Pick by Vision</i> można wprowadzić w każdym magazynie bez potrzeby ingerowania w jego infrastrukturę (w przeciwieństwie np. do <i>Pick by Light</i>). Szybsze wykonywanie zadań – brak potrzeby obsługi terminali skraca czas wykonywania operacji magazynowych. Ograniczenie potrzeby podejmowania decyzji – <i>Pick by Vision</i> prowadzi pracownika „za rękę” przez cały proces zbiórki, ograniczając pole do ewentualnych błędów i nieoptymalnych decyzji. Błyskawiczna konsultacja defektów – jeżeli pracownik zauważy uszkodzenie produktu, może natychmiast przesłać zdjęcie do właściwej osoby i skonsultować, co zrobić z towarem. Łatwe wdrożenie – wprowadzenie <i>Pick by Vision</i> wymaga krótkiego czasu szkolenia pracowników, ponieważ okulary nie wymagają skomplikowanej obsługi, a sama metoda jest intuicyjna. Dzięki temu użytkownicy mogą szybko rozpocząć pracę. Jest to szczególnie istotne dla pracowników tymczasowych, zatrudnianych w okresie wzmożonego ruchu w magazynie.	Automatyczna identyfikacja – odczytywanie kodów za pomocą zainstalowanej w obudowie kamery nadal nie jest tak szybkie i precyzyjne jak w klasycznych skanerach. Wydajność baterii – nadal nie istnieją baterie tak małe i pojemne, aby zapewnić inteligentnym okularom nieprzerwane działanie przez długi czas. Wymusza to wymianę baterii w trakcie pracy albo stosowanie dodatkowej baterii zewnętrznej. Rozpoznawanie mowy – inteligentne okulary nie oferują, jak dotąd, tak dobrych parametrów rozpoznawania mowy jak system z niezależnym mikrofonem. Jest to szczególnie zauważalne w magazynach o wysokim poziomie hałasu. Psychiczne zmęczenie – długotrwała praca w <i>Pick by Vision</i> może powodować większe zmęczenie psychiczne pracowników wywołane małym zakresem wykonywanych czynności i silnym ograniczeniem decyzyjności. Dla części użytkowników inteligentne okulary stanowią też zbyt daleko idącą ingerencję w prywatność. Interfejs z systemami WMS – odmienne rozwiązania programistyczne i brak ustalonych standardów wśród dostawców inteligentnych okularów utrudniają ich współpracę z informatycznymi systemami magazynowymi WMS.

Tabela 5.1, cd.

1	2
Symultaniczne przesyłanie informacji – pracownik magazynu może odbierać kilka informacji w tym samym czasie, np. dotyczących trasy i przedmiotu zbiórki. Wielojęzyczność – w <i>Pick by Vision</i> nie ma bariery komunikacyjnej, o ile system magazynowy WMS jest wyposażony w różne wersje językowe. Bardzo wysoka jakość zbiórki – kompletacja realizowana w ramach <i>Pick by Vision</i> powinna niemal wyeliminować ryzyko popełnienia błędu. Prezentowane na wyświetlaczu zdjęcia czy numery seryjne artykułów skutecznie zapobiegają pomyłkom, co przekłada się na mniejszą liczbę zwrotów i eliminację powtarzania czynności. Śledzenie pracy w czasie rzeczywistym – inteligentne okulary pozwalają określić lokalizację pracownika magazynu i śledzić postępy wykonywanych zadań. Bezpieczeństwo zbiórki – wolne ręce podczas pracy i możliwość szybkiego komunikowania zagrożeń podnoszą bezpieczeństwo pracowników magazynu. <i>Pick by Vision</i> to również większe bezpieczeństwo dla sprzętu, ponieważ pozwala zrezygnować z terminali mobilnych, które często ulegają uszkodzeniom.	Koszty – okulary stosowane w <i>Pick by Vision</i> są jeszcze stosunkowo drogie, a ze względów higienicznych powinny być używane indywidualnie.

Źródło: opracowanie własne.

Przed technologią AR w przemyśle stoją dwa główne wyzwania. Pierwszym jest integracja rozwiązań rozszerzonej rzeczywistości z istniejącymi systemami zaplecza, które są często zamknięte i mają ograniczone możliwości integracji, przez co zawarte w nich dane trudno wykorzystać w kontekście AR. Drugim wyzwaniem jest natomiast dostępność odpowiednich urządzeń do wizualizacji AR. Jeżeli na rynek trafią urządzenia lekkie, ergonomiczne, oferujące dobrą jakość wizualizacji, bezprzewodowe, niewymagające częstego ładowania, to techniki AR w przemyśle się upowszechnią. Użytkownicy urządzeń AR muszą mieć wolne ręce, aby wykonywać konkretne czynności. Dotychczas tylko ¼ firm, które eksperymentowały z omawianą technologią, używała okularów. Pozostała część korzystała wyłącznie ze smartfonów i tabletów. Tymczasem to okulary AR gwarantują użytkownikom swobodę ruchu, a technologii AR – szansę dalszego rozwoju.

Inteligentne magazyny zrewolucjonizowały praktyki stosowane w logistyce i dystrybucji, w efekcie przyczyniając się do zwiększenia precyzji i tempa realizacji zamówień. Wykorzystują one technologię AR do bardziej efektywnego oznakowania, kodowania

i zarządzania towarami. Ponieważ ceny czujników niezbędnych w takich aplikacjach wynoszą poniżej 10 USD za sztukę, zaś wszechobecność telefonii komórkowej rozszerza możliwości technologii, proces obsługi towarów stał się bardziej systematyczny, umożliwiając ich precyzyjne pobieranie z półek i pakowanie. Raporty sugerują, że pracownicy magazynów wykorzystujący technologię AR poprawili dokładność wybierania towarów nawet o 300% oraz przyspieszyli swoje działania o 30%.

Jakość zajmująca określone miejsce w procesach gospodarowania jest kategorią o rozbudowanym systemie pojęciowym. Wielowymiarowość terminu jakości pozwala na ujmowanie tej kategorii pojęciowej w wielu aspektach – w perspektywie transcendentnej, produktowej, użytkownika, procesu wytwórczego, wartości². Jakość powoli przestaje być wyróżnikiem towarów na współczesnym rynku, a staje się niezbędnym elementem procesu konkurencji. Utrzymanie konkurencyjnej pozycji na rynku usług w logistyce wymaga zatem stałego dążenia do poprawy jakości obsługi klienta oraz innych procesów i elementów składających się na postrzeganą przez klienta wartość usługi. Jakość jest uznawana za kluczowy element w systemach logistycznych, procesie tworzenia i dostarczania wartości dodanej produktu. Należy zauważyć, że poziom jakości dostarczony klientowi końcowemu jest wynikiem praktyk zarządzania jakością każdego z partnerów łańcucha dostaw, a tym samym każdego z nich. Partner odgrywa ważną rolę w procesie produkcji i dystrybucji.

Przedsiębiorstwa produkcyjne wyprzedzają firmy logistyczne w stosowaniu zarządzania jakością w zakresie procesów logistycznych. Procesy zarządzania jakością i logistyką w przedsiębiorstwie powinny być ze sobą ściśle powiązane w sposób, który pozwoli im się wzajemnie przenikać i współistnieć. Ich skuteczne współdziałanie umożliwi przedsiębiorstwu realizację celów organizacji, pozwoli pozyskiwać nowych klientów oraz budować przewagę konkurencyjną na rynku.

Technologia AR odgrywa integralną rolę w kontroli jakości wszystkich zachodzących procesów – od pobierania właściwych komponentów, poprzez umieszczenie etykiet, pakowanie, na kontroli dokumentów kończąc. Przemysł motoryzacyjny i lotniczy rozpoczął już wdrażanie gogli i tabletów z technologią AR do kontroli jakości części dostarczanych przez firmy zewnętrzne oraz poprawności umieszczania różnych podzespołów na linii montażowej. Systemy interaktywnych instrukcji dla pracowników, wykorzystywane przy dostarczaniu komponentów na linie produkcyjne, są także stosowane do zapewniania jakości wyrobów. Narzędzie z technologią AR łączy się z kamerą przemysłową o projektorach dużej mocy w celu wyświetlania niezbędnych informacji bezpośrednio na powierzchni roboczej. Otrzymane tzw. płótno cyfrowe (*digital canvas*) pozwala pracownikom na weryfikowanie i zatwierdzanie części używanych do produkcji. Niektóre firmy produkcyjne z branży motoryzacyjnej, np. OEM i Tier 1 (dostawcy podzespołów na pierwszy montaż do firm typu OEM), które zaadaptowały systemy LGS (*Light Guide*

² Szerzej w: R. Karaszewski, *Zarządzanie jakością. Koncepcje, metody i narzędzia stosowane przez liderów światowego biznesu*, TNOiK, Toruń 2005.

System – system wyświetlania instrukcji dla pracowników na miejscu pracy) w miejsce tradycyjnych instrukcji roboczych, doniosły, że nastąpiły redukcja liczby błędów o 90% oraz skrócenie czasu cyklu o 40-50%. Ponadto poprzez wykorzystanie technologii rzeczywistości rozszerzonej i dzięki ciągłemu dostępowi do sugestii i podpowiedzi w czasie rzeczywistym pracownicy mogą uniknąć wielu błędów i jednocześnie zachować wydajność. Nie muszą wracać do biura, by zapoznać się z procedurą czy instrukcją. Mogą to uczynić, nieprzerwanie wykonując pracę, a wyświetlane wirtualne informacje pozwalają im efektywnie rozwiązać problem.

Jakość w logistyce oznacza spełnienie przez firmę uzgodnionych z klientem wymagań i oczekiwań w odniesieniu do całego procesu związanego z produkcją. To właśnie pro jakościowe podejście w procesach logistycznych jest w stanie zagwarantować satysfakcję klientom, a tym samym przynieść firmie wartość dodaną. Rzeczywistość rozszerzona wprowadziła nową erę efektywności, mobilności i sekwencji, pozwalając na optymalizację procesów, kosztów, czasu, usług, produktów, a w efekcie podnosząc jakość samej pracy. Jak można zauważyć, przedsięwzięcia te są prowadzone równolegle w wielu obszarach. Rozwój cyfryzacji, który przyniósł AR, pozwala na połączenie wszystkich elementów w jedną całość przez ulepszenia. Zastosowanie rzeczywistości rozszerzonej już teraz daje bardzo obiecujące rezultaty w sektorze produkcji czy serwisów. Na przykład dzięki cyfrowej nakładce zestaw słuchawkowy AR może zapewnić pracownikowi linii montażowej w zakładzie samochodowym szczegółową informację o stopniowym podziale zadań przez nakładanie obrazu wirtualnie generowanego na rzeczywistość, w jakiej pracuje operator produkcyjny. Takie rozwiązanie można również przyjąć w obszarze logistyki, szczególnie w procesie kompletacji zamówień. Realizacja zleceń magazynowych stanowi jeden z kluczowych elementów sprawnej dystrybucji towarów w łańcuchach dostaw, od niego bowiem zależą terminowość dostaw oraz ich poprawność, rozumiana jako brak przesyłek dostarczonych z błędem do odbiorcy, co powoduje rozpoczęcie procedur reklamacyjnych wobec podmiotu przygotowującego zamówienia dla klientów. Sprawny proces kompletacji zamówień wpływa zatem na podstawowe wskaźniki KPI większości firm świadczących usługi logistyczne na rynku.

Kompletacja, jak wspomniano w niniejszym opracowaniu, jest operacją polegającą na pobraniu określonych zapasów ze strefy składowania w celu utworzenia zbioru pozycji asortymentowych, zgodnie ze specyfiką ilościową oraz asortymentową dla określonego odbiorcy. Kompletacja towarów wchodzących w skład zamówienia odbywa się w strefie składowania lub kompletacji, na specjalnie wydzielonej do tego celu powierzchni przeznaczonej wyłącznie do kompletacji towarów. Jednym z ważnych parametrów oceny skuteczności kompletacji jest jej dokładność, szczególnie ważna w przypadku kompletowania podzespołów na liniach produkcyjnych, zwłaszcza wtedy, gdy mamy do czynienia z wyrobem gotowym składającym się z setek lub nawet tysięcy drobnych elementów (np. w branży motoryzacyjnej). O ile w tradycyjnym magazynie dokładność kompletacji na poziomie 99,98% jest zazwyczaj wystarczająca, a ewentualne braki można zniwelować w kolejnych poborach lub późniejszej wysyłce, o tyle w etapie produkcji

dąży się do całkowitej eliminacji pomyłek. Każdy błąd operatora strefy kompletacji czy opóźnienie, które w niej powstaje, może mieć istotne skutki dla całego procesu produkcji bądź dystrybucji. Operacja kompletacji najsilniej oddziałuje na koszt danego produktu. Z punktu widzenia zarządzania zapewnienie jak najlepszej jakości w ramach procesu kompletacji staje się priorytetem.

Wśród narzędzi powszechnie wykorzystywanych do oceny pracy magazynu ważne miejsce zajmują kluczowe wskaźniki efektywności (KPI), o których już wspomniano w prezentowanej pracy. Pozwalają one w prosty i transparentny sposób określić jakość procesów magazynowych, ich ekonomiczną kondycję czy wskazać obszary wymagające racjonalizacji. Możliwość odniesienia do historycznych wartości KPI umożliwia weryfikację zmian wprowadzonych w magazynie, a także śledzenie trendów. Wybór konkretnych wskaźników efektywności powinien zależeć od roli, jaką dany magazyn ma spełniać. Istotne jest, by celem wykorzystania KPI nie była próba monitorowania wszystkiego, lecz lepsza kontrola nad najważniejszymi aspektami funkcjonowania magazynu.

W raporcie światowego lidera w dziedzinie doradztwa, usług technologicznych i transformacji cyfrowej Capgemini Research Institute³ potwierdzono, że przedsiębiorstwa wykorzystują technologie rzeczywistości rozszerzonej (AR) i wirtualnej (VR) do usprawnienia swojej działalności gospodarczej. Z dokumentu wynika, że 82% firm wdrażających obecnie AR/VR twierdzi, że korzyści te spełniają lub przekraczają ich oczekiwania. Moc obliczeniowa i względna łatwość dostępu do technologii i systemów VR/AR rośnie w zawrotnym tempie. Capgemini podkreśla, że firmy, takie jak Boeing⁴, wykorzystywały rzeczywistość rozszerzoną, aby dostarczyć technikom instrukcje dotyczące schematów okablowania samolotów w ich polu widzenia, co pozwala technikom mieć wolne ręce podczas pracy. Rozwiązanie skraca czas produkcji okablowania o 25%, zwiększa produktywność o 40% i eliminuje liczbę błędów, a zatem podnosi jakość procesów zachodzących w firmie. W innych praktycznych zastosowaniach operatorzy z Toms River Municipal Utilities Authority⁵ – amerykańskiej firmy użyteczności publicznej, wykorzystują rzeczywistość wirtualną i rozszerzoną, aby zobaczyć ukryte obiekty użyteczności publicznej – wodę, gaz, elektryczność oraz kanalizację sanitarną i burzową, co jest możliwe dzięki aplikacji przetwarzającej dane z systemu informacji geograficznej (GIS), który ostatecznie przekształca się w holograficzną projekcję podziemnych obiektów użyteczności publicznej na podstawie lokalizacji i orientacji przestrzennej użytkownika. Opisana innowacja zwiększa produktywność pracowników terenowych na co dzień, a tym bardziej w sytuacjach awaryjnych, takich jak pożar czy powódź.

³ <https://www.capgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/5/2018/09/AR-and-VR-in-Operations-Report.pdf> (16.05.2020).

⁴ Boeing, *Boeing tests augmented reality in the factory*, January 2018, <https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page> (16.05.2020).

⁵ <https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/nj-utility-on-forefront-with-new-mixed-reality-application/> (16.05.2020).

W każdej branży bezpieczeństwo stanowi podstawową wartość. Wykracza ono poza jedynie tworzenie nieszkodliwego i zdrowego środowiska dla pracowników i gości firmy, jest bowiem zestawem przepisów, komunikacji, rezultatem pracy zespołowej i innych interakcji zachodzących w miejscu pracy, które tworzą solidne podstawy stabilności i dobrobytu w biznesie. Najczęściej to pracodawca jest odpowiedzialny za bezpieczne i zdrowe środowisko pracy. W praktyce jednak pracownicy są zobowiązani do dbania o siebie, zazwyczaj po odpowiednim przeszkoleniu. Sposobów na poprawę bezpieczeństwa jest wiele, np. organizowanie wykładów na temat zapobiegania wypadkom i przepisów bezpieczeństwa, wymiana doświadczeń dotyczących pracy z różnymi narzędziami, maszynami i przedmiotami, szkolenia i kursy w zakresie bezpieczeństwa, zapewnienie sprzętu bezpieczeństwa i szkolenie z jego obsługi. Obecnie możliwości poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy poprzez wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej są nieograniczone. Oprócz szkoleń dla nowych pracowników w branży przemysłowej można zastosować wiele rozwiązań, np.:

- Inżynierowie utrzymania ruchu mogą korzystać z rzeczywistości rozszerzonej (jak Boeing), aby pomóc w procesach utrzymania ruchu na ciężkim sprzęcie. Zagrożenia związane z poszczególnymi maszynami i urządzeniami można zidentyfikować dzięki zastosowaniu okularów AR, które nosi operator podczas wykonywania pracy.
- Operatorzy sprzętu ciężkiego mogą być ostrzegani przed scenariuszami zagrożeń na podstawie algorytmów ryzyka, zanim zostaną na nie narażeni.
- Górnicy podziemni podczas pracy mogą widzieć w polu swojego widzenia wyświetlane krytyczne informacje dotyczące bezpieczeństwa, dzięki czemu nie mają potrzeby spoglądania na monitor gazowy czy słuchania radia.
- Oceny ryzyka można dokonywać w czasie rzeczywistym przy użyciu algorytmów opartych na danych z doświadczeń związanych z zagrożeniami.
- Przez okulary mogą być komunikowane znane obszary niebezpieczne.
- Podręczniki procedur odchodzą do przeszłości – personel za pomocą iPada będzie mógł oglądać zakład lub urządzenie, na wyświetlaczu zobaczy obowiązujące procedury, zagrożenia i niebezpieczeństwa w czasie rzeczywistym.

Już w 2015 roku niektóre firmy, takie jak Ford, z powodzeniem wykorzystywały rzeczywistość rozszerzoną do zwiększenia bezpieczeństwa na liniach montażowych. Systemy wirtualnej rzeczywistości identyfikują ruch człowieka rejestrowany przez czujniki ruchu ciała podczas montażu sprzętu w celu ponownego zaprojektowania ruchu, aby zmniejszyć ryzyko urazów i zwiększyć wydajność. Doprowadziło to do 70-procentowego spadku liczby urazów pracowników i 90-procentowego zmniejszenia problemów z ergonomią⁶.

Inteligentne okulary pomogą pracownikom stać się ekspertami, nawet jeśli dopiero rozpoczynają pracę. Jest bowiem możliwość zainstalowania interaktywnego opro-

⁶ <https://www.mbtmag.com/home/blog/13252033/virtual-and-augmented-reality-in-manufacturing> (16.05.2020).

gramowania do ręcznej obsługi 3D, które niedoświadczonemu pracownikowi pomoże wykonać zadanie z najwyższą biegłością. W razie konieczności uzyskania pomocy jeden z techników może poprosić o zdalną pomoc bardziej wykwalifikowanego technika w dziale wsparcia technicznego, co pozwoli na szybkie i skuteczne wyeliminowanie problemów. Jeśli chodzi o bezpieczeństwo, to technologia rzeczywistości rozszerzonej jest w stanie poprawić wyniki w obszarach, takich jak:

- praca zespołowa i komunikacja,
- kontrola i konserwacja,
- kontrole i procedury dotyczące sprzętu bezpieczeństwa,
- mapowanie potencjalnych zagrożeń.

Jednym z najważniejszych celów specjalistów BHP jest prowadzenie szkoleń z zakresu bezpieczeństwa w sposób angażujący szkolących się, odpowiedni i zapadający im w pamięć. Kluczowe jest również sprawdzenie, czy uczestnicy szkolenia rozumieją jego treść. Rzeczywistość rozszerzona poprawia wszystkie te aspekty – od dostarczenia doskonałej jakości szkoleń do ich praktycznego wykorzystania w miejscu pracy. Technologia rzeczywistości rozszerzonej umożliwia zatrudnionym przeglądanie instrukcji lub wskazówek, gdy poruszają się po zakładzie pracy.

Transport wewnątrzzakładowy stanowi jeden z obszarów działalności przedsiębiorstwa bezpośrednio związany z logistyką w produkcji. Odnosi się on przede wszystkim do przewozów na małe odległości, które zależą od wielkości przedsiębiorstwa produkcyjnego, jego przestrzennego rozproszenia, elementów infrastruktury procesu produkcyjnego, a także ich lokalizacji. Właściwa organizacja procesów transportu wewnętrznego ma za zadanie z jednej strony synchronizować przepływ dóbr w systemie produkcyjnym wraz z elementami wejścia i wyjścia z systemu, z drugiej strony stwarzać jak najlepsze warunki do efektywnego planowania produkcji i sterowania jej przebiegiem. Organizacja transportu musi być dostosowana do specyfiki przedsiębiorstwa, ponadto powinna zapewniać bezpieczne i niezawodne przemieszczanie ładunków przy minimalnych kosztach. Sprawna organizacja transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie powinna zagwarantować przemieszczenie określonej ilości ładunku po możliwie najkrótszych trasach, przy maksymalnym wykorzystaniu, a jednocześnie możliwie najmniejszym zużyciu środków transportowych. Do realizacji zadań transportu wewnętrznego najczęściej stosuje się wózki przemysłowe ze względu na ich wysoką elastyczność, małe zajęcie powierzchni i relatywnie niskie koszty inwestycji. W transporcie mechanicznym wewnątrzzakładowym zastosowanie znajdują się także wózki jezdniowe podnośnikowe z mechanicznym napędem podnoszenia, suwnice, żurawie, wciągarki i wciągniki, dźwigi. Maszyny oraz urządzenia wykorzystywane w tym procesie pracy (mechaniczne urządzenia techniczne) podlegają dozorowi technicznemu i mogą być użyte tylko wówczas, jeśli mają aktualne dokumenty uprawniające do ich eksploatacji. Maszyny i urządzenia oraz oprzyrządowanie przeznaczone do podnoszenia ładunków należy dobierać z uwzględnieniem wielkości i ciężaru ładunków, jakie będą nimi przenoszone, miejsc uchwytu, sposobu i miejsca umieszcze-

nia ładunku, sprzętu do mocowania oraz warunków atmosferycznych, w jakich mogą być przemieszczane. Polityka bezpieczeństwa higieny pracy każdej firmy ma na celu zapobieganie wypadkom przy pracy przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Zdarzenia wypadkowe są na ogół konsekwencją występujących na stanowisku pracy źródeł zagrożeń. Kluczowe są identyfikacja wszystkich możliwych źródeł zagrożeń oraz ich neutralizacja. Drogi transportowe w budynkach przemysłowych i magazynach powinny być zatem wyraźnie i trwale oznakowane. Muszą być utrzymane w stanie niestwarzającym zagrożeń dla użytkowników. W celu zapewnienia odpowiedniej informacji oraz zwrócenia uwagi na obiekty i sytuacje powodujące zagrożenia dla zdrowia i życia pracowników stosuje się znaki bezpieczeństwa. Powinny one jednoznacznie informować o przeszkodach i niebezpieczeństwach. Liczba znaków oraz ich rodzaj powinny być ograniczone do potrzeb wynikających z organizacji ruchu na terenie magazynu czy hali produkcyjnej. Znaki muszą być umieszczone na linii wzroku pracujących, w widocznym miejscu (mogą być namalowane na nawierzchni drogi) lub w najbliższym otoczeniu zagrożenia, i spełniać określone wymagania dotyczące znaków zakazu, ostrzegawczych, nakazu i oznakowania miejsc niebezpiecznych.

Wykorzystanie rozwiązań, jakie daje rzeczywistość rozszerzona w obszarze zapewnienia większego bezpieczeństwa pracy w logistyce, wydaje się bardzo interesujące. Na przykład informacje wyświetlające się na inteligentnych okularach mogą prowadzić operatora wózka widłowego czy pociągu z magazynu do miejsca, do którego musi dostarczyć części, wskazując drogę jedynie dozwolonymi szlakami transportowymi (często zdarza się bowiem, że przedsiębiorstwa mają jednokierunkowe szlaki transportowe), dzięki czemu można zapobiec wypadkom na terenie zakładu produkcyjnego. Wykorzystanie inteligentnych okularów pozwoli również przeprowadzić inspekcję stanowiska pracy przed rozpoczęciem pracy i po jej zakończeniu. W zasadzie można przyjąć, że technologia AR w procesach zarządzania procesami logistycznymi będzie pełniła funkcję zasadniczą, jaką jest funkcja wsparcia.

Przy wprowadzaniu rozwiązań opierających się na technologii rzeczywistości rozszerzonej ważna jest skala biznesu i operacji zachodzących w firmie. W małych przedsiębiorstwach, których skala działalności i wykonywanych operacji jest niewielka, inwestowanie w technologie rzeczywistości rozszerzonej wydaje się nieuzasadnione z powodu dużych kosztów. Natomiast dla dużych przedsiębiorstw taka inwestycja staje się bardzo słuszną, a koszt jej wdrożenia bardzo szybko powinien się zwrócić. Skalowalność biznesu wydaje się kwestią zasadniczą w kontekście dokonywania inwestycji, jest ona również jednym z ważniejszych elementów warunkujących szanse na odniesienie przez firmę sukcesu. Zdolność firm do rozwijania działań warunkuje ich rozwój, a wejście na wyższy poziom wymaga od nich znacznie większych nakładów.

5.2. Innowacyjne rozwiązania w obszarze logistyki

Współczesna sytuacja gospodarcza wymusza nieustanne poszukiwanie nowych rozwiązań w logistyce, produkcji, zarządzaniu, dystrybucji. Przedsiębiorstwa funkcjonujące na aktualnym, dynamicznie rozwijającym się rynku muszą się cechować innowacyjnością, efektywnością i elastycznością działań. Jednocześnie zwraca się szczególną uwagę na potrzebę sprawnego zarządzania procesami implementacji innowacji⁷. Organizacje innowacyjne muszą się charakteryzować zdolnością do sprawnego wprowadzania nowych produktów, technologii oraz metod organizacji, kluczowych w realizacji zmieniających się celów rozwojowych⁸. Innowacyjność i czas to główne przewagi konkurencyjne. Czas rozumiany jest jako częstotliwość wprowadzania nowych lub znacznie ulepszonych wersji produktu w porównaniu z produktami konwencjonalnymi, będąca wynikiem dynamicznie rozwijającego się rynku nastawionego na zaspokojenie rosnącego popytu. Skracanie cykli życia produktów staje się tutaj kluczowym działaniem. Poszczególne fazy cyklu życia produktu są coraz krótsze i mają odzwierciedlenie w szybkim wzroście wymiaru popytu⁹.

Innowacje są rozwijane przez przedsiębiorstwa na różnych płaszczyznach i mogą mieć odmienny rodzaj i skalę wpływu na rynek. Są też przejawem przedsiębiorczości, stanowiącym kluczowy czynnik konkurencyjności podmiotów gospodarczych. Przedsiębiorstwa innowacyjne to te, które mają szansę na osiągnięcie największych przewag konkurencyjnych na rynku. To właśnie innowacja jest odpowiedzią na potrzeby rynku. Współcześnie kluczową rolę w uzyskiwaniu konkurencyjności w sektorze produkcyjnym (a także usługowym) odgrywają technologie cyfrowe. Można do nich zaliczyć rzeczywistość rozszerzoną (*Augmented Reality*), Internet rzeczy (*Internet of Things*), przemysłowy Internet rzeczy (*Industrial Internet of Things*), analitykę danych, sztuczną inteligencję (*Artificial Intelligence*), druk przestrzenny (*3D Printing*), cyfrowego bliźniaka (*Digital Twin*), chmurę obliczeniową (*Cloud Computing*), *Big Data*, robotykę, roboty współpracujące (*Collaborative Robots*) czy oprogramowanie obniżające koszty prototypowania produktów i wprowadzania nowych produktów na rynek¹⁰.

Szeroko rozumiana innowacyjność obejmuje działania wewnętrzne oraz zewnętrzne przedsiębiorstwa¹¹, a jej celem i rezultatem jest wprowadzenie nowych, lepszych

⁷ H. Kościelniak, *Innowacje otwarte w strategiach rozwoju przedsiębiorstw – wyniki badań empirycznych*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie”, 2/2019, s. 121-124.

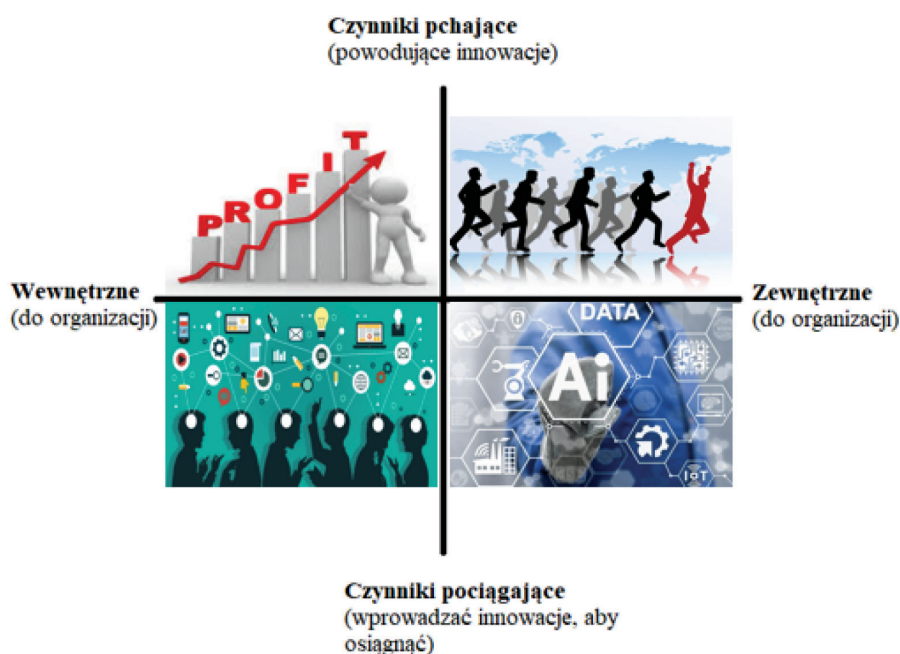
⁸ A.I. Szmańska, *Innowacyjność produktowa przedsiębiorstw produkcyjnych a preferencje konsumentów*, „Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego”, 20/2012, s. 149-153.

⁹ K. Witkowski, *Internet of things, big data, industry 4.0 – innovative solutions in logistics and supply chains management*, „Procedia Engineering”, 182/2017 s. 765.

¹⁰ P. Niedzielski, K. Rychlik, *Innowacje w sektorze produkcyjnym i usługowym – odmiennosc czy podobienstwo?*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, 8(453)/2007, s. 178.

¹¹ S. Rychtowski, *Zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania innowacyjności a sytuacja przedsiębiorstw w Polsce*, „Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu”, 1045, s. 585-592.

produktów, procesów i organizacji, a także zdobycie nowych rynków¹². Każde przedsiębiorstwo produkcyjne, które chce dobrze funkcjonować i się rozwijać, musi w sposób twórczy reagować na zmienność otoczenia, czyli być przedsiębiorstwem innowacyjnym. Zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne grupy czynników stymulujących mogą popychać lub przyciągać innowacje w różnych kierunkach, co przedstawia rysunek 5.2.



Rys. 5.2. Czynniki stymulujące innowacje

Źródło: opracowanie własne na podstawie A.C. Soosay, P.W. Hyland, *Driving innovation in logistics: Case studies in distribution centres*, "Creativity & Innovation Management", 13(1)/2004, s. 1-51.

Wprowadzanie innowacji w przedsiębiorstwie zależy od innowacyjności, czyli zdolności do urzeczywistniania innowacji, a zatem nieustannego kreowania nowych rozwiązań zmierzających do poprawy jakości funkcjonowania danego podmiotu gospodarczego. Dla sprawnej realizacji poszczególnych etapów procesu innowacyjnego istotne jest właściwe zarządzanie innowacjami, które obejmuje ogół metod i instrumentów zarządzania mających na celu wywołanie i utrwalanie ulepszających, twórczych postaw wśród

¹² D. Wolak, A. Żmijewska, *Kierunki działań poprawiające efektywność wdrażania innowacji w firmach produkcyjnych sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Ekonomia i Zarządzanie”, 2(6)/2014, s. 58.

pracowników. Zarządzanie innowacjami to podejmowanie wszelkich decyzji w obszarze działań innowacyjnych, organizowanie i kontrolowanie tego typu przedsięwzięć, aby osiągnąć cele przedsiębiorstwa w odniesieniu do innowacji w sposób skuteczny oraz efektywny¹³.

Innowacyjność w logistyce nie wiąże się jednak wyłącznie z zaangażowaniem nowoczesnych rozwiązań informatycznych. Znakiem nowoczesności może być również sposób myślenia. Innowacyjne rozwiązania w logistyce mogą się przejawiać także w:

- ciągłym doskonaleniu zespołu dokonującego innowacji oraz permanentnej weryfikacji pracy i zaangażowania,
- stałym czuwaniu nad jakością działań,
- stałym skupieniu się na aktywności zespołu, który pracuje nad wdrożonymi praktykami i działaniami o wspólnych wartościach, polegającymi na nieustannym poszukiwaniu nowych i lepszych sposobów realizacji zadań logistyki satysfakcji z pracy i uczciwości wobec klientów, eliminowaniu starych nawyków, zachowań i barier związanych ze zmianami w obszarze działań logistycznych.

Zarządzanie innowacjami utożsamia się zatem z zaplanowaniem, ze zorganizowaniem, z kierowaniem oraz skontrolowaniem poszczególnych działań tworzących proces innowacyjny. W zarządzaniu działalnością innowacyjną ważną rolę odgrywają umiejętność zorganizowania całego procesu innowacyjnego, opracowanie i realizacja strategii innowacji i nieustanne monitorowanie wdrażanych przedsięwzięć.

Zdaniem autora innowacja w zarządzaniu stwarza długotrwałe korzyści, gdy spełnia co najmniej jeden z trzech następujących warunków: innowacja opiera się na nowatorskiej zasadzie, która rzuca wyzwanie ortodoksji zarządzania; jest systemowa – obejmuje szereg procesów i metod; jest częścią trwającego programu wynalazczego, w którym postęp w czasie się zwiększa. Budowanie kultury innowacji, która napędza produktywne i zrównoważone praktyki innowacyjne, może pomóc organizacjom pozostać konkurencyjnymi. Dzięki zarządzaniu innowacjami uzyskuje się kolejny atut – jest nim decentralizacja. Menedżerowie średniego szczebla – w przeciwieństwie do menedżerów szczebla średniego – mogą nie mieć wiedzy o słabych punktach poszczególnych rynków ułatwiającej im opracowanie silniejszej strategii innowacyjnej. Praktyka ta zachęca pracowników do aktywnego uczestnictwa w gromadzeniu pomysłów w ramach organizacji. Działa ona jak kanał umożliwiający uzyskanie odpowiedniego i skutecznego rozwiązania złożonych wyzwań biznesowych.

W logistyce, podobnie jak w innych branżach, wprowadzanie innowacji warunkuje przetrwanie na rynku. Branża logistyczna przechodzi okres gwałtownej i bezprecedensowej transformacji. Przyszłość logistyki opiera się na innowacyjności i technologii. Branża ostrożnie stosuje te technologie, aby zapewnić szybsze, tańsze, bardziej niezawodne i zrównoważone dostawy. Gospodarka i technologia oparta na wiedzy stanowią

¹³ P. Kokot-Stępień, *Zarządzanie innowacjami jako źródło konkurencyjności małych i średnich przedsiębiorstw*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 114/2017, s. 221-225.

kluczowy wymóg dla innowacji¹⁴. Technologia umożliwia nie tylko wzmocnienie podstawowych kompetencji przedsiębiorstw¹⁵, ale także rozwój i wdrożenie nowego modelu biznesowego¹⁶. Innowacje powinny być dzisiaj dla logistyki priorytetem, są bowiem zasadniczym warunkiem wzrostu atrakcyjności towarów i usług, który pociąga za sobą rozwój rynku i eksportu, a więc decyduje o pozycji firmy w otoczeniu. Innowacje powinny aktualnie wprowadzać wszystkie firmy: zarówno renomowane, o utrwalonej pozycji na rynku, jak i nowe – dopiero wchodzące na rynki zbytu. Wprowadzanie innowacji jest oparte na wiedzy pracowników. Powinno być zawarte w strategii firmy i zostać jednym z jej najważniejszych punktów. Związek między innowacyjnością a pochłanianiem wiedzy jest silny. Literatura kojarzy wiedzę z doskonałymi wynikami firmy, uważając ją za najważniejszy zasób strategiczny i fundament zdolności innowacyjnych i przewagi konkurencyjnej¹⁷.

Pojawienie się nowych technologii stanowi kluczowy czynnik, który zmienił zakres logistyki¹⁸. Dzisiaj logistyka to zazwyczaj zakupy, dystrybucja, zarządzanie zapasami, pakowanie, produkcja i obsługa klienta¹⁹. Przede wszystkim Internet oraz informacja i technologie komunikacji (ICT) są niezaprzeczalnymi czynnikami sprzyjającymi innowacjom logistycznym poprzez wymianę informacji między wszystkimi stronami w łańcuchu dostaw, łącząc je²⁰. Technologie te ułatwiają przepływ informacji i komunikacji między partnerami, umożliwiając globalne procesy logistyczne²¹. Pojawienie się Internetu doprowadziło do rozwoju handlu elektronicznego i nowych form prowadzenia biznesu. W konsekwencji takie nowe operacje gospodarcze wymagają różnych działań logistycznych²² i strategii²³. Na przykład wraz z rozwojem *e-commerce* globalne firmy logistyczne, takie jak FedEx i United Parcel Service (UPS), mogły stać się pełnowartościowymi firmami logistycznymi dzięki zabezpieczeniom technologicznym, uzyskując zdolność do

¹⁴ R.L. Chapman, C. Soosay, J. Kandampully, *Innovation in logistic services and the new business model: A conceptual framework*, "Manag. Serv. Qual. Int. J.", 12/2002, s. 358-371.

¹⁵ D.J. Closs, T.J. Goldsby, S.R. Clinton, *Information technology influences on world class logistics capability*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 27/1997, s. 6-8.

¹⁶ D.J. Flint, E. Larsson, B. Gammelgaard, J.T. Mentzer, *Logistics innovation: A customer value-oriented social process*, "Journal of Business Logistics", 26/2005, s. 113-147.

¹⁷ M. Szuster, M. Szymczak, *Innovation, knowledge and information management in supply chains*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Ekonomia i Zarządzanie”, 1/2016, s. 28.

¹⁸ A. Gunasekaran, E.W.T. Ngai, *The successful management of a small logistics company*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 33/2003, s. 825-842.

¹⁹ D.J. Bowersox, D.J. Closs, *Logistical management: The integrate supply chain management*, McGraw-Hill, London 1996, s. 63-70.

²⁰ J. Auramo, A. Aminoff, M. Punakivi, *Research agenda for e-business logistics based on professional opinions*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 32/2002, s. 513-531.

²¹ I. Lewis, A. Talalayevsky, *Third-party logistics: Leveraging information technology*, "Journal of Business Logistics", 21/2000, s. 173-186.

²² Y. Yu, X. Wang, R.Y. Zhong, G.Q. Huang, *E-commerce logistics in supply chain management: Practice perspective*, "Procedia Cirp", 52/2016, s. 179-185.

²³ W. Delfmann, S. Albers, M. Gehring, *The impact of electronic commerce on logistics service providers*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 32/2002, s. 203-222.

koordynowania przepływu towarów i informacji w ramach łańcuchów dostaw²⁴. Zakupy *on-line*, obecnie powszechne, otworzyły nowe możliwości biznesowe dla firm logistycznych, które zarządzają realizacją zamówień oraz dystrybucją²⁵. Rozwój technologii mobilnych i ich zastosowań przyspieszył takie trendy, ponieważ pomogły one w przejściu od środowisk wielokanałowych do wszechkanałowych. Tam, gdzie klienci mają wiele możliwości interakcji z firmami i potrzebują bezproblemowej integracji²⁶, operacje logistyczne stają się złożone i coraz istotniejsze w procesie budowania zadowolenia klienta i polepszania wyników firmy²⁷.

Chociaż konkretne cele i korzyści różnią się w przypadku technologii, jedną z podstawowych wartości, jakie innowacje oparte na technologii mogą wnieść do logistyki, jest poprawa identyfikowalności przepływów fizycznych i przepływu informacji²⁸ oraz poprawa widoczności w całym łańcuchu dostaw²⁹. Absorpcja omawianych technologii w logistyce jest zazwyczaj konieczna do zwiększenia efektywności operacyjnej i redukcji kosztów³⁰, a ostatecznie do optymalizacji całego łańcucha dostaw. Również zwiększona identyfikowalność i widoczność mogą się przyczynić do zmniejszenia ryzyka niepewności związanego z łańcuchem dostaw³¹.

Znaczna część literatury wskazuje na rolę technologii w logistyce w zakresie efektywności operacyjnej³² i poprawy zadowolenia klientów. Niektóre z ostatnich badań zwróciły uwagę na pozytywny wpływ zdolności technologicznych na wyniki finansowe w logistyce³³. Potwierdzenie dużego znaczenia innowacji technologicznych w logistyce

²⁴ S. Olavarrieta, A.E. Ellinger, *Resource-based theory and strategic logistics research*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 27/1997, s. 559-587.

²⁵ S. Alshawi, *Logistics in the Internet age: Towards a holistic information and processes picture*, "Logistics Information Management", 14/2001, s. 235-242.

²⁶ C. Lazaris, A. Vrechopoulos, *From multi-channel to "omnichannel" retailing: Review of the literature and calls for research*, Proceedings of the 2nd International Conference on Contemporary Marketing Issues, Athens, Greece, 18-20 June 2014, s. 18-20.

²⁷ P. Drabik, P. Zamecnik, *Key aspects of logistics for online store and multichannel distribution*, Proceedings of the 16th International Joint Conference: Central and Eastern Europe in the Changing Business Environment, Prague, Czech Republic, 27 May 2016, s. 97-111.

²⁸ S.L. Koh, A. Gunasekaran, *A knowledge management approach for managing uncertainty in manufacturing*, "Ind. Management Data Systems", 106/2006, s. 439-459.

²⁹ H.K. Chow, K.L. Choy, W.B. Lee, F.T. Chan, *Integration of web-based and RFID technology in visualizing logistics operations — A case study*, "Supply Chain Management", 12/2017, s. 221-234.

³⁰ F. Lai, D. Li, Q. Wang, X. Zhao, *The information technology capability of third-party logistics providers: A resource-based view and empirical evidence from China*, "Journal Supply Chain Management", 44/2008, s. 22-38.

³¹ G.M. Giaglis, I. Minis, A. Tatarakis, V. Zeimpekis, *Minimizing logistics risk through real-time vehicle routing and mobile technologies: Research to date and future trends*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 34/2004, s. 749-764.

³² M. Bourlakis, C. Bourlakis, *Integrating logistics and information technology strategies for sustainable competitive advantage*, "Journal of Enterprise Information Management", 19/2006, s. 389-402.

³³ J. Oláh, G. Karmazin, K. Peto, J. Popp, *Information technology developments of logistics service providers in Hungary*, "International Journal of Logistics Research and Applications", 21/2018, s. 332-344.

i SCM można łatwo zauważyć w praktyce: Walmart Inc. jest znany z dużych inwestycji w technologie informatyczne związane z gromadzeniem danych w czasie rzeczywistym, magazynowaniem danych i skomputeryzowaną wymianą danych z partnerami na wcześniejszych i późniejszych etapach łańcucha produkcyjnego³⁴. W rezultacie spółka poprawiła obroty giełdowe, osiągając konkurencyjność kosztową i szybką reakcję³⁵. Studium przypadku³⁶ firmy CJ-GLS, koreańskiego zewnętrznego dostawcy usług logistycznych (3PL), wykazało, że skuteczne zastosowanie zaawansowanych technologii, takich jak RFID, zgodne ze strategią przedsiębiorstwa, może być krytycznym źródłem zróżnicowania i konkurencyjności.

Technologia zmienia każdy aspekt funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych. Cyfrowa sprawność staje się warunkiem wstępnym sukcesu: zwycięzcami będą ci, którzy zrozumieją, jak wykorzystać całą gamę nowych technologii – od analizy danych po rozwiązania automatyzacyjne i platformowe. Jednak przy tak wielu technologiach konkurujących o uwagę kierownictw przedsiębiorstw kluczowe będzie określenie jasnej strategii cyfrowej, która zostanie włączona do strategii biznesowej. Postępujące innowacje technologiczne wywołują istotne zmiany w różnych gałęziach przemysłu, a logistyka i łańcuch dostaw mogą być jednym z sektorów najbardziej odczuwających ich wpływ. Branża logistyczna, znana z intensywnego wykorzystywania procesów ręcznych i dużych ilości danych przechowywanych na różne sposoby i w różnych miejscach, powinna jednocześnie najwięcej zyskać dzięki wdrażaniu nowych technologii i podążaniu za najbardziej innowacyjnymi trendami w zakresie technologii łańcucha dostaw i logistyki. Postęp technologiczny wzmocnił możliwości funkcjonowania każdego elementu logistyki, począwszy od pakowania i etykietowania, poprzez wysyłkę, transport, na dostawie na ostatnim kilometrze skończywszy. Zmiany wymagań konsumentów, wzrost handlu elektronicznego i ostra konkurencja rynkowa umożliwiły również szybką transformację branży.

Propozycje innowacyjnych rozwiązań w logistyce opierać się będą na wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej. Pierwsza z propozycji dotyczy automatyzacji i autonimizacji procesów logistycznych. Automatyzacja procesów logistycznych jest procesem, który postępuje na coraz szerszą skalę. Regały wyposażone w sterowane satelitarnie platformy transportujące palety w odpowiednie miejsce czy samobieżne wózki widłowe to tylko niektóre z dostępnych na rynku rozwiązań. Tradycyjnie stosowane kody kreskowe okazują się nieefektywne i są zastępowane innymi metodami automatycznej identyfikacji. Technologią przyszłości, z powodzeniem wdrażaną w polskich magazynach,

³⁴ E. Colla, M. Dupuis, *Research and managerial issues on global retail competition: Carrefour/Walmart*, "International Journal of Retail & Distribution Management", 30/2002, s. 103-111.

³⁵ S.A. Vowels, *A strategic case for RFID: An examination of Wal-Mart and its supply chain*, Proceedings of the Ninth Annual Conference of the Southern Association for Information Systems, Jacksonville, FL, USA, 8-9 December 2006, s. 148-152.

³⁶ C. Kim, K.H. Yang, J. Kim, *A strategy for third-party logistics systems: A case analysis using the blue ocean strategy*, "Omega", 36/2008, s. 522-530.

jest transmisja danych za pomocą fal radiowych. System RFID w magazynie stosuje się w celu lokalizacji wózków widłowych i składowanych towarów. Informacje odczytywane są dzięki czujnikom umieszczonym zarówno na masztach wózków widłowych, w podłodze lub bramkach w magazynie, jak i w przewożonych paletach. W zależności od zastosowania RFID może służyć do generowania informacji na temat eksploatacji floty, rewizji towarów w magazynie czy powierzchni wykorzystanego miejsca na regałach. Dzięki technologii RFID procesy logistyczne mogą się stać w przyszłości autonomiczne, a ta autonomia może się przejawiać jako inteligentne elementy, części, zasoby lub procesy. Symptomatyczne jest to, że te inteligentne, autonomiczne obiekty są w stanie zdecydować o swojej przyszłości.

Proces łańcucha dostaw stale się rozwija: od pierwszych linii montażowych do dzisiejszych zaawansowanych rozwiązań z zakresu robotyki. Najnowsze trendy w łańcuchu dostaw i logistyce koncentrują się na inteligentnym, zorientowanym na technologię zarządzaniu w celu zmniejszenia kosztów operacyjnych i zwiększenia wydajności. Aspekt logistyki i łańcucha dostaw ma kluczowe znaczenie dla każdego przedsiębiorstwa w zakresie dostaw surowców wysokiej jakości, efektywnego procesu produkcji, śledzenia, transportu i przechowywania gotowych produktów. Firmy wdrażające dobrze zaprojektowane praktyki w łańcuchu dostaw są w stanie szybciej i terminowo zaspokajać potrzeby konsumentów, co wzmacnia relacje i lojalność klientów, przekładając się na zwiększenie przychodów organizacji i pozyskiwanie nowych klientów.

Digitalizacja stanowi proces wykorzystywania najnowszych rozwiązań technicznych wraz z innymi zasobami fizycznymi i cyfrowymi w celu przeprojektowania praktyk logistycznych. Dzięki niemu mogą one lepiej dostosować się do szybkiego, wysoce konkurencyjnego, wielokanałowego środowiska biznesowego. Digitalizacja zwiększa szybkość, dynamikę i odporność operacji w łańcuchu dostaw, prowadząc do większej reakcji klientów, a w konsekwencji do wyższych przychodów. Wykorzystując cyfryzację, firmy mogą doświadczyć rzeczywistej wartości, wzrostu przychodów i wyceny rynkowej. Zdaniem autora monografii, aby czerpać pełne korzyści z digitalizacji, firmy muszą gruntownie przeprojektować swoją strategię w zakresie łańcucha dostaw – jej „upiększenie” za pomocą technologii cyfrowej jest niewystarczające. Internet rzeczy (IoT) zajmuje ważne miejsce w sferze logistyki jako wysoce transformujące rozwiązanie technologiczne. Odnosi się on do systemu wzajemnie powiązanych urządzeń obliczeniowych pozwalających na przesyłanie danych przez sieci bez udziału człowieka. Pomaga firmom monitorować stany magazynowe, zarządzać zapasami magazynowymi, optymalizować trasy flotę oraz redukować martwe kilometry.

Zaawansowane rozwiązania sztucznej inteligencji mają wiele zastosowań w łańcuchu dostaw, szczególnie w segmencie magazynów. Zalicza się do nich stosowanie rozwiązań do rozpoznawania gestów zamiast klawiatury i myszy w procesie zaopatrzenia. Obejmuje to również autonomiczne pojazdy (samochody samobieżne), zaprojektowane do poruszania się bez udziału człowieka. Koncepcja robotyki i automatyzacji jest szeroko stosowana również w łańcuchu dostaw. Najnowsze generacje robotów są łatwiejsze do

zaprogramowania, bardziej elastyczne i przystępne cenowo. Ich rolą jest pomoc pracownikom w wykonywaniu powtarzalnych i wymagających fizycznie zadań.

Praktyki w zakresie zamówień i silniejsze relacje z dostawcami powinny być uważane za priorytet w procesie łańcucha dostaw – na przykład dział zakupów może wykorzystać dane biznesowe dotyczące dostawców do usprawnienia procesu podejmowania decyzji dotyczących łańcucha dostaw, takich jak ocena dostawców i zalecenia najlepszych partnerów biznesowych. Ponadto skuteczna współpraca może pomóc w ocenie ryzyka w łańcuchu dostaw na podstawie globalnych trendów przemysłowych i politycznych jako sposób na zapobieganie ryzyku niedoboru zapasów lub ograniczanie go. Tymczasem współpraca w łańcuchu dostaw może usprawnić procesy wewnętrzne i zmniejszyć nadmierne wykorzystanie zasobów przeznaczonych na zadania administracyjne i inne czasochłonne zadania. Może ona również pomóc w uzyskiwaniu rekomendacji od zadowolonych partnerów biznesowych, zwiększając wartość prowadzonego biznesu.

Większa koncentracja na zarządzaniu ryzykiem i odporności łańcucha dostaw dowodzą, że nie ma wątpliwości, iż firmy muszą poważnie potraktować zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw jako sposób na przygotowanie się na niepożądane zdarzenia. Coraz częstsze praktyki outsourcingu czy pokrewnego mu, wiążącego się z większym zasięgiem offshoringu, wszechstronność produktów, bezpieczeństwo łańcucha dostaw oraz znaczne współzależności w całym łańcuchu dostaw jeszcze bardziej podkreślają znaczenie zarządzania ryzykiem w łańcuchu dostaw. Na tym właśnie polega odporność łańcucha dostaw, będąca prawdziwą miarą zdolności firmy do wytrzymywania zdarzeń zakłócających funkcjonowanie łańcucha. Kroki mające na celu uczynienie łańcucha dostaw bardziej elastycznym i odpornym obejmują widoczność w całym łańcuchu dostaw, aby zakłócenia mogły być wykryte na czas, ścisłą współpracę z dostawcami i dystrybutorami, aby można było znaleźć alternatywne trasy dostaw, oraz dobry plan reagowania na incydenty, wskazujący kierunek działań w razie wystąpienia zakłócenia.

Logistyka i transport to z całą pewnością jedna z branż istotnie korzystających z rozwiązań, jakie wnoszą technologie IoT. Każdego dnia miliony towarów są przechowywane, monitorowane i transportowane. Wymaga to zaangażowania wielu osób oraz wykorzystania odpowiednich narzędzi, urządzeń i pojazdów. W logistyce i transporcie rozwiązania IoT dają możliwość połączenia różnych aktywów w obrębie łańcucha dostaw, a następnie pozwalają na analizę wygenerowanych z tych połączeń danych. To z kolei wpływa na zwiększenie efektywnego funkcjonowania logistyki magazynowej, organizacji dostaw czy zarządzania flotą w nowoczesnym przedsiębiorstwie logistycznym.

Koncepcja Internetu przedmiotów/rzeczy została stworzona przez Kevina Ashtona, brytyjskiego przedsiębiorcę i założyciela start-upów. Pomysł ten został sformułowany w 1999 roku, aby opisać system, w którym świat materialny komunikuje się z komputerami (wymienia dane) za pomocą wszechobecnych czujników. W tym podejściu tworzy się system nie tylko przedmiotów, ale także procesów, danych, ludzi, a nawet zwierząt czy zjawisk atmosferycznych – praktycznie wszystkiego, co można traktować jako zmienną. Trzy cechy wyróżniające Internet rzeczy to: kontekst, wszechobecność i optymaliza-

cja. Pierwsza odnosi się do możliwości zaawansowanej interakcji obiektu z istniejącym środowiskiem i natychmiastowej reakcji na jego zmianę. Charakterystyka kontekstu pozwala obiektom na dostarczenie informacji, takich jak lokalizacja, stan fizyczny czy warunki atmosferyczne. Wszegobecność ilustruje fakt, że obiekty są dziś czymś więcej niż tylko połączeniem z siecią użytkowników – operatorów ludzkich. W najbliższej przyszłości będą się one ze sobą komunikować na dużą skalę. Optymalizacja jest wyrazem funkcjonalności, jaką ma każdy obiekt.

Kolejnym innowacyjnym rozwiązaniem w obszarze logistyki jest *Big Data*, które jest odpowiedzią na skuteczne działania i zarządzanie procesami logistycznymi w obliczu wzrostu ilości informacji i danych cyfrowych. W dużych firmach produkcyjnych każdego dnia przybywa wiele informacji na temat przesunięć towarów, planowanych przesyłek, niezgodności w dostawach i produkcji, postępie produkcji wyprodukowanych sztuk. Dane te zajmują dużo miejsca (zarówno cyfrowo – w formie zapisów, jak i fizycznie – w formie sprzętu). Przechowywane na starym sprzęcie mogą prowadzić do jego spowolnienia, a tym samym zmniejszenia wydajności pracy osób, które z tego sprzętu korzystają. Przedsiębiorstwa muszą zatem sięgnąć po nowszy, droższy sprzęt komputerowy oraz oprogramowanie lub zainwestować we własne serwery i bazy danych – oba rozwiązania są stosunkowo drogie. Obecnie zauważa się tendencję, szczególnie w dużych firmach, do korzystania z baz danych w tak zwanej chmurze, czyli gromadzonych wirtualnych serwerach. Takie rozwiązanie jest mniej kosztowne, jednak łączy się z ryzykiem wykradnięcia lub nawet przejęcia danych przez podmioty zewnętrzne, np. konkurencję³⁷. Jedną z największych korzyści wynikających z zastosowania *Big Data* we współczesnych organizacjach, szczególnie w dziedzinie logistyki, jest zdolność tej technologii do przeprowadzania wysokowydajnych analiz³⁸. Omawiane rozwiązanie może zapewnić dokładniejsze informacje operacyjne umożliwiające terminową korektę lub zmianę dostawcy. Poprawa przejrzystości informacji i zapewnienie większej widoczności w całym łańcuchu dostaw może pomóc wypracować przedsiębiorstwu przewagę nad konkurencją. Ujawnienie wad produktów/usług w łańcuchu dostaw, wczesne ostrzeganie i unikanie wycofywania produktów z rynku może poprawić produktywność i konkurencyjność przedsiębiorstw oraz dać konsumentom ogromne korzyści³⁹. Minimalizacja ryzyka związanego z zapasami i łańcuchem dostaw za pomocą analizy *Big Data* zapewnia wyższą wydajność operacyjną, a tym samym zwiększenie wydajności łańcucha dostaw, większą integrację w ramach łańcuch dostaw, optymalizację zapasów, bardziej efektywny proces decyzyjny, tworzenie lepszych relacji z klientami i dostawcami, zwiększenie popytu. Autor uważa, iż dane są kluczem do przy-

³⁷ M. Nowik, *Big Data innowacją w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, [w:] U. Motowidlak, D. Wronkowski, A. Reńdy (red.), *Różne oblicza logistyki, zbiór prac studentów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2018, s. 112.

³⁸ A. Brzozowska, L. Ziara, R. Sałek, A. Wiśniewska-Sałek, *The Possibilities of big data solutions application in logistics*, MultiScience – XXX. MicroCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc, Hungary, 21-22 April 2016, s. 1-5.

³⁹ M. Chen, S. Mao, Y. Zhang, V. Leung, *Big data related technologies, challenges and future prospects*, Springer, Briefs in Computer Science, London 2014, s. 4-7.

słości wszystkiego: zaawansowane algorytmy maszynowego uczenia się i optymalizacji mogą poszukiwać i wykorzystywać obserwowane wzorce, a także korelacje i zależności między elementami danych i decyzjami dotyczącymi łańcucha dostaw – np. kiedy zamawiać, ile produktów zamawiać, gdzie je umieścić. *Big Data* z pewnością może odegrać ważną rolę w poprawie efektywności biznesowej. Zdaniem autora niniejszej monografii, aby stworzyć dobrą platformę informacyjną, przedsiębiorstwa produkcyjne powinny przyspieszyć standaryzację infrastruktury logistycznej, informatyzację oraz inteligentną konstrukcję sprzętu i oprogramowania, ponieważ zastosowanie logistyki w chmurze i *Big Data* jest nierozłącznie związane z istniejącą platformą informacji logistycznej. Z punktu widzenia popytu przedsiębiorstwa mogą mieć pełną kontrolę nad cyklem życia danych poprzez analizę i integrację informacji o danych, które są korygowane i pobierane z systemu *Big Data*. Co więcej, kompletna platforma informacji logistycznej może gromadzić duże ilości danych i sprawić, że zarówno dostawca, jak i nabywca będą się wzajemnie rozumieć. Połączenie logistyki w chmurze z *Big Data* może również stanowić innowacyjny sposób rozwoju logistyki, a tym samym poprawić wydajność logistyczną.

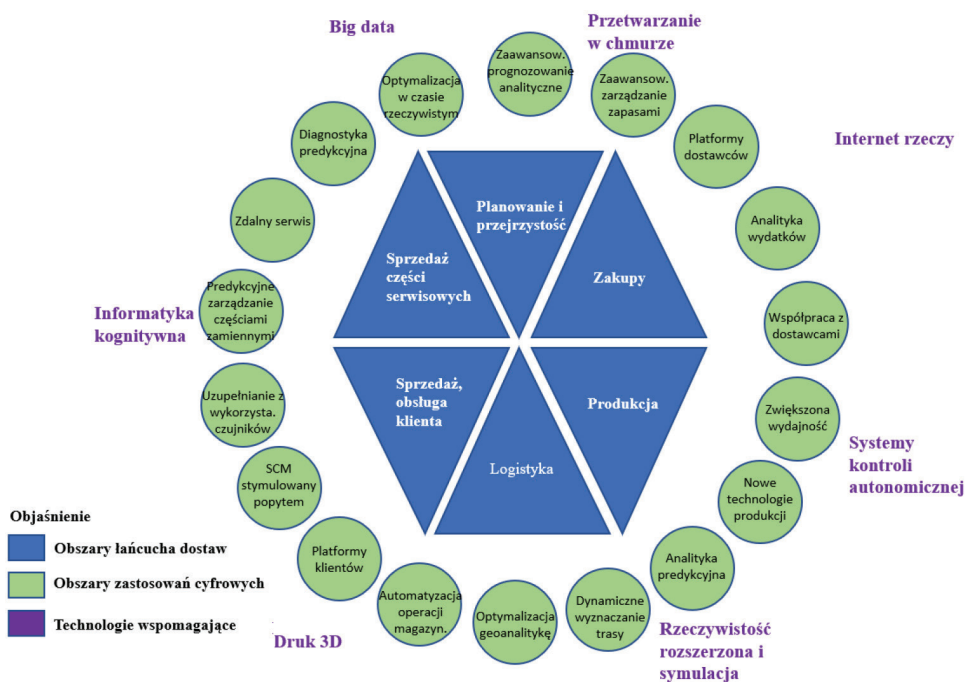
Sztuczna inteligencja jest kolejną innowacją w obszarze logistyki, która zdaniem autora może mieć pozytywny wpływ na jeszcze większy wzrost produktywności. Wraz z rosnącą popularnością sztucznej inteligencji wiele nowoczesnych przedsiębiorstw logistycznych stara się ją wykorzystywać do optymalizacji połączenia logistycznego i poprawy wydajności logistycznej. Z jednej strony dzięki analizie *Big Data* i uczeniu się maszyn można stale optymalizować i ulepszać proces operacyjny i planowanie w magazynie, bazując na danych historycznych. Z drugiej strony technologia sztucznej inteligencji może doprowadzić do optymalizacji ścieżki transportu i poprawić efektywność dostaw. Wykorzystanie środków informacyjnych może sprawić, że cała operacja będzie możliwa do prześledzenia, proces – kontrolowany, a wynik – przewidywalny, a także, że będzie można wykluczyć wiele niekontrolowanych czynników w operacji oraz zapewnić wysoką jakość operacji logistycznych. Budowa inteligentnej platformy chmury logistycznej pozwoli na cyfryzację, standaryzację i zintegrowane zarządzanie łańcuchem dostaw i logistyką fizyczną. Przyjmując za punkt wyjścia kompleksową logistykę, stosuje się nowoczesne technologie sztucznej inteligencji i technologie logistyczne w celu synchronizacji przepływu informacji wszystkich ogniw łańcucha dostaw z logistyką fizyczną, generowania zoptymalizowanych procesów i operacji kooperacyjnych, realizacji pobliskiego magazynowania i dystrybucji towarów oraz poprawy efektywności łańcucha przemysłowego.

Opisane przez autora innowacje, które mogą być zastosowane w przedsiębiorstwie, są naczyniami połączonymi. Ich wybiórcze wykorzystanie może, co prawda, przynieść poprawę procesów logistycznych, ale dopiero łączne użycie wszystkich innowacji może przynieść największe korzyści. Sama implementacja wskazanych rozwiązań nie zagwarantuje korzyści – uczyni to sprawny proces zarządzania nimi. Każda z wspomnianych innowacji może być wspierana w ramach korzystania z rzeczywistości rozszerzonej, a autor monografii scharakteryzował w niej wybrane rozwiązania, by zapewnić ciągłość logiczną wywodu. Opisywana w monografii rzeczywistość rozszerzona ma tak naprawdę

przymioty wsparcia – sama w sobie nie poprawi ani produktywności, ani efektywności. Pełniąc rolę służebną, jest rozszerzeniem informacji, które już posiada pracownik, o dodatkowe wirtualnie generowane informacje w taki sposób, aby ułatwić proces decyzyjny. Autor uważa, że rozszerzona rzeczywistość powinna być rozpatrywana w kontekście informatycznego narzędzia mającego znaczący wpływ na proces decyzyjny.

Dzięki sztucznej inteligencji, chmurze obliczeniowej, *Big Data*, Internetowi przedmiotów i innym technologiom możemy stworzyć w przedsiębiorstwie twór podobny do ekosystemu. W przypadku omamianym w monografii będzie to ekosystem logistyki *on-line*, urzeczywistniony za pomocą *Smart Glasses* do rzeczywistości rozszerzonej. Określenie znaczenia informacji dla konkretnego procesu jest wyzwaniem kluczowym, co wiąże się z przetwarzaniem, analizowaniem i udostępnianiem informacji w czasie rzeczywistym. Przenoszenie istotnych danych do odpowiednich procesów w odpowiednim czasie jest fundamentem skutecznego wykorzystania każdej analizy.

Przepływ informacji pozwala firmom być bardziej świadome, uwidaczniając operatorom informacje lub wpływ ich działań. Konsekwentne ulepszanie procesów wymaga jednak, aby informacje były nie tylko przechwytywane i analizowane, ale także wykorzystywane do tworzenia metodycznych prognoz (rysunek 5.3).



Rys. 5.3. Schemat innowacyjnego zarządzania łańcuchem dostaw

Źródło: opracowanie własne.

Podchodząc strategicznie do cyfryzacji łańcucha dostaw, przedsiębiorstwo może stworzyć efektywny ekosystem łączący wszystkich uczestników wymiany rynkowej – dostawców, producentów, detalistów i konsumentów. Może również kreować nowe kanały dystrybucji i nowe sposoby tworzenia wartości.

5.3. Warunki implementacji koncepcji zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej

Warunki implementacji rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie produkcyjnym są tożsame z warunkami występującymi podczas prób wdrożenia wszystkich nowoczesnych rozwiązań. Wdrażanie skutecznego modelu zarządzania procesami logistycznymi jest decyzją strategiczną, która wymaga pokonania wielu różnych przeszkód i barier. Podobnie jak w przypadku każdego projektu wdrażania innowacji wprowadzenie wszelkich zmian i przedsięwzięć ukierunkowanych na poprawę poziomu efektywności, produktywności i jakości jest procesem dokonującym się w warunkach zmiennego otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego.

Strategia innowacji stanowi część strategii firmy. Odnosi się do procesów innowacyjnych zachodzących zarówno w jej wnętrzu, jak i w jej otoczeniu. Strategia innowacji pozwala na identyfikację prawidłowości na płaszczyźnie relacji firmy z jej otoczeniem gospodarczym oraz podejmowanie stosownych działań mających na celu realizację strategii rozwoju firmy. Innowacje są uważane za jeden ze sposobów osiągania celów strategicznych (np. przywództwa technologicznego, określonego poziomu zysku, powiększenia sprzedaży), a także za podstawowy czynnik strategii⁴⁰. Warto przy tym zauważyć, iż każde przedsiębiorstwo będzie miało swoją własną strategię wprowadzania zmian dostosowaną do kultury pracy, funkcjonujących w nim zasad i procedur. Niezbędne jest pełne zaangażowanie najwyższego kierownictwa, które powinno informować personel o poziomie zaawansowania prac oraz przekonywać go do wdrażanych przeobrażeń. W praktyce gospodarczej kierownictwo, zarządzając zmianami, powinno się koncentrować przede wszystkim na⁴¹:

- rozpowszechnianiu poglądu o potrzebie wprowadzenia zmian oraz przekonywaniu pracowników o słuszności proponowanych zmian,
- opracowaniu i popularyzowaniu wizji przyszłej roli działalności przedsiębiorstwa na tle rynku,

⁴⁰ W. Janasz, K. Janasz, M. Prozorowicz, A. Świadek, J. Wiśniewska, *Determinanty innowacyjności przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2002, s. 41.

⁴¹ M. Pałęga, M. Knapieński, W. Kulma, *Uwarunkowania wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie na przykładzie wprowadzania zmian w obszarze zarządzania bezpieczeństwem informacji*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom I*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016, s. 180.

- prezentowaniu korzyści wynikających z wdrażanych zmian w skali zarówno całej organizacji, jak i indywidualnego pracownika,
- argumentowaniu słuszności podejmowanych zmian, właściwym przygotowaniu i zaplanowaniu procesu ich wprowadzania,
- upowszechnianiu zmian przez osoby mające autorytet,
- kształtowaniu nastroju organizacyjnego ukierunkowanego na relacje między współpracownikami, otwartość i zaufanie pozwalające niwelować wszelkie obawy i trudności oraz wspólnie rozwiązywać pojawiające się problemy,
- przyjęciu postawy inicjatora i rzecznika nowości.

Należy zauważyć, iż wprowadzenie zarządzania innowacjami w przedsiębiorstwie wiąże się z obowiązkiem przeprowadzenia zmian w polityce personalnej, która powinna mieć na celu kształtowanie kapitału intelektualnego i jego jak najlepsze wykorzystanie. Wykształcenie pracowników, ich postawy, zaangażowanie, predyspozycje, zakres identyfikacji z potrzebami firmy stanowią najważniejszy element w procesie działań innowacyjnych. Pragnąc budować innowacyjne przedsiębiorstwo, wiele uwagi należy poświęcić przede wszystkim problemom dotyczącym zarządzania ludźmi w organizacji⁴².

Celem działań poprzedzających wdrożenie innowacji, oprócz pozyskania technologii, powinno być przygotowanie przedsiębiorstwa do wdrożenia. To, w jakim stopniu będzie ono na ten proces gotowe, bezpośrednio wpłynie na czas, w jakim uzyska pierwsze wymierne korzyści finansowe z wdrożenia. Można powiedzieć, że czym prędzej to nastąpi, tym lepiej. Wdrożenie technologii w przedsiębiorstwie obejmuje następujące kroki⁴³:

- zainicjowanie wdrożenia (wszystkie działania przeprowadzone we wcześniejszych etapach, które pozwoliły na pozyskanie technologii i przygotowanie odpowiedniej dokumentacji),
- planowanie wdrożenia (powołanie zespołu wdrożeniowego, planowanie organizacji, komunikacji i zakresu działań, przygotowanie harmonogramu wdrożenia, planowanie zasobów, jakości i ryzyka),
- wdrożenie wstępne (infrastruktura, zasoby osobowe, rzeczowe, finansowe),
- wdrożenie właściwe (produkcja/wytwarzanie, czynności kontrolne i monitorujące produkcję/wytwarzanie, dystrybucja i sprzedaż, badanie odbiorców),
- wdrożenie wtórne (modyfikacja technologii oraz procesów),
- zakończenie wdrożenia (zestandaryzowana produkcja masowa, serwis).

Wymienione warunki, jak wspomniano, dotyczą każdego procesu wdrożeniowego, niemniej jednak w przypadku wdrażania rzeczywistości rozszerzonej należy się skupić na etapie mającym na celu inicjację całego procesu, a więc inwestycji w rozwój talentów i ukierunkowanie inicjatywy badawczej, mającej na celu przygotowanie do przyszłego przyjęcia technologii rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie. Ponieważ

⁴² Ł. Kryśkiewicz, *Uwarunkowania w zarządzaniu innowacjami w kształtowaniu sukcesu przedsiębiorstwa*, „Organizacja i Kierowanie”, 1/2018(180), s. 131.

⁴³ J. Frąś, *Zarządzanie procesem wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania nr 34, T. 1. Zarządzanie i Marketing”, 1/2013, s. 178.

technologia AR dla wielu podmiotów wciąż jest zjawiskiem nieznanym, w opinii autora niniejszej monografii nie jest zaskoczeniem, że przedsiębiorstwom brakuje wewnętrznej specjalistycznej wiedzy w tym zakresie, co stanowi jedną z trzech barier wzrostu. Podnoszenie kwalifikacji pracowników jest warunkiem implementacji AR. Ponieważ technologie immersyjne wymagają całkiem nowych umiejętności, uzasadnione jest powoływanie wewnętrznych zespołów eksperckich, które będą prowadzić w firmie wewnętrzne szkolenia i uczestniczyć w procesie rekrutacji pracowników z doświadczeniem w obszarze AR/VR. Jeżeli przedsiębiorstwo nie chce korzystać ze swoich zasobów, ciekawym rozwiązaniem wydaje się outsourcing ekspertów z bezpośrednim doświadczeniem w technologiach immersyjnych.

Kolejnym istotnym czynnikiem jest wprowadzenie scentralizowanego modelu zarządzania na miejscu i budowania świadomości AR/VR. Przedsiębiorstwa, które jako pierwsze zaczęły korzystać z technologii immersyjnych, mają dedykowane, centralne zespoły lub centrum zarządzania ogólnego wirtualną i rozszerzoną rzeczywistością. Struktura zarządzania musi być ustanowiona przez powołane zespoły eksperckie, aby technologia mogła się rozwijać. Najważniejszymi interesariuszami technologii mogą być kierownicy operacyjni, na przykład kierownicy zakładów lub inżynierowie procesów, odpowiedzialni za dostarczanie kluczowych metryk operacyjnych. Ogólne planowanie i realizacja powinny być jednak prowadzone przez scentralizowaną jednostkę usprawniającą zarządzanie i zapewniającą najlepsze wykorzystanie zasobów. Przykłady firm posiadających jednostkę centralną pracującą nad AR/VR stanowią Airbus, Grupa Volkswagen oraz fińska firma energetyczna Fortum.

Skupienie się na określeniu właściwego zastosowania dla konkretnych przypadków zapewnia trwałą wartość i wsparcie pracowników. Głównym czynnikiem stosowania rzeczywistości rozszerzonej w wielu przedsiębiorstwach produkcyjnych jest ciekawość i chęć wykorzystania jej, zanim informacje jej dotyczące staną się ogólnodostępne.

Dość częstym wyzwaniem dla przedsiębiorstw chcących wdrożyć AR jest niemożność poprawnego zidentyfikowania obszaru jej zastosowania przynoszącego największe korzyści. Wskazanie odpowiedniego przypadku do implementacji AR i testowania jej możliwości stanowi priorytet dla przedsiębiorstw planujących wdrożenie. Innymi słowy należy skupić się na przypadku użycia, a nie na samej technologii. Drugim priorytetem jest koncentracja na obsłudze informacji i danych, które będą dostarczały odpowiednich informacji technologii AR. Skupiając się na konkretnym przypadku zastosowania, przedsiębiorstwa winny zachęcać pracowników do korzystania z niego i akceptacji augmentacji. Stosowanie narzędzi AR jest dla zatrudnionych dużą zmianą w porównaniu z tradycyjnymi sposobami działania. W celu przezwyciężenia oporu pracowników wobec narzędzi AR ich wprowadzenie powinno być zarządzane analogicznie do wszystkich innych zmian technologicznych. Rzeczywistość rozszerzona szczególnie oddziałuje na procesy operacyjne, co sprawia, że zarządzanie zmianą ma kluczowe znaczenie dla ogólnej akceptacji wdrożenia. Zdaniem autora prezentowanej monografii ciekawym sposobem zachęcenia pracowników do aktywnego korzystania z wdrożonych rozwiązań AR jest

przekształcenie zadań logistycznych w sekwencję wyzwań, w których pracownicy mogą zdobywać punkty i śledzić kluczowe wskaźniki (KPI). Stanowi to pozytywną motywację i zapewnia konkurencyjne środowisko dla realizacji zadań. Pracownicy muszą być częścią rozwoju, a informacje zwrotne od nich oraz ich pomysły powinny być wysłuchane przez zarządzających. Tylko w taki sposób można zapewnić dalszy rozwój i możliwość adaptacji kolejnych obszarów do zarządzania przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej. Aby wykazać sposób, w jaki nowa technologia może wesprzeć pracowników w codziennej pracy, należy ich zachęcać do szkoleń, a przy współpracy personelu pomocniczego należy rozwiewać wątpliwości zatrudnionych i ich obawy wobec AR. Wspomniane obiekcje pracowników mogą dotyczyć między innymi fizycznego korzystania ze sprzętu AR – zatrudnieni mogą odnosić wrażenie, że korzystanie z inteligentnych okularów utrudnia im wykonywanie zadań. Konieczne jest zatem zwrócenie ich uwagi na fakt, że dzięki technologii immersyjnej ich praca będzie bezpieczniejsza i staną się bardziej produktywni. Przedsiębiorstwa zdaniem autora winny rozsądnie wybierać obszary wdrożenia omawianej technologii, uwzględniając potencjał prowadzonej działalności, a także doświadczenia użytkownika, a więc użyteczność i ergonomię pracy.

Ostatni warunek, jaki zdaniem autora należy spełnić, by proces wdrożenia przebiegał sprawnie, a późniejsze korzystanie z rzeczywistości rozszerzonej przyniosło zakładane efekty, stanowi przygotowanie infrastruktury technologicznej do integracji z AR. Złożoność realizacji jest główną barierą adaptacji AR, co wiąże się przede wszystkim z brakiem danych i gotowości technologicznej przedsiębiorstwa do wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej. Przed przystąpieniem do wdrażania zespoły odpowiedzialne za ten proces powinny się upewnić, że rozwiązania dostępne w firmie są należycie zintegrowane. W szczególności powinny one:

- Zapewnić dostępność danych poprzez utworzenie repozytorium treści i danych dostępnych we właściwym miejscu i właściwym formacie, dobrze funkcjonującym z systemem AR. Agregacja i zestawianie danych z odbywającymi się procesami, eksploatacją, przewidywaniem napraw wymaga odpowiedniego kodowania w celu stworzenia pożądanych instrukcji czy procedur. Replikowanie wiedzy i zdobytego doświadczenia pracowników do bazy danych będzie dodatkowym wyzwaniem. Różne rodzaje danych, takie jak specyfikacje systemowe, metryki wydajności i istotne statystyki dotyczące urządzeń, na których pracują operatorzy, w połączeniu z systemami AR, mogą być potężnym czynnikiem wspomagającym. Przygotowanie takich danych na potrzeby systemu AR nie jest łatwe. Proces ten jest dla przedsiębiorstw największą trudnością, gdyż wymaga dużej ilości czasu, zautomatyzowania procesów i standaryzacji danych. Zapewnienie właściwej architektury danych, czyli sposobu, w jaki są zbierane i strukturyzowane wewnętrznie dane, stanowi wyzwanie, z jakimi przyjdzie się zmierzyć przedsiębiorstwom wdrażającym technologię AR. Zasadna wydaje się zatem zmiana tradycyjnego sposobu rozwoju inżynierów – odejście od kategorii myślenia o sprzęcie w stronę myślenia o informacji.

- Ocenic, czy przedsiębiorstwo wymaga indywidualnie zaprojektowanego systemu, czy może z korzystać z systemu już dostępnego na rynku. W celu minimalizacji złożoności systemu AR przedsiębiorstwa mogą współpracować z dostawcami oprogramowania. Warto mieć to na uwadze, kształtując cały ekosystem logistyki *on-line*. Wiele dostępnych na rynku rozwiązań powstało na zamówienie – są to rozwiązania tworzone na postawie indywidualnych przypadków, które z czasem ewoluowały i stały się gotowymi rozwiązaniami mogącymi znaleźć powszechnie zastosowanie. Zasadne jest skorzystanie z usług firmy z dużym doświadczeniem w projektowaniu systemów AR, jeżeli przedsiębiorstwa chcące wdrożyć rzeczywistość rozszerzoną nie są w stanie tego zrobić samodzielnie. Takie rozwiązanie wiąże się z poniesieniem mniejszych kosztów na etapie opracowywania czy wdrażania, daje również pewność, że system nie będzie zawierał błędów.
- Przeprowadzić analizę wymagań w zakresie łączności systemu AR – nie wszystkie przypadki wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej wymagają wysokiej dostępności sieci i jej przepustowości. Jest to bardzo ważne, bowiem brak współpracy na odległość, niewłaściwa łączność i przepustowość mogą być hamulcem systemowej transformacji. W odniesieniu do zastosowań, które mogą działać bez łączności sieciowej, bardzo istotna okazuje się moc obliczeniowa, ponieważ większość systemów AR wymaga zaawansowanej grafiki i przełożenia na czas rzeczywisty.
- Zintegrować rozwiązania AR z technologiami i systemami dostępnymi w przedsiębiorstwie, by czerpać jeszcze większe korzyści bez konieczności inwestowania w kolejne systemy. Zdaniem autora proces wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej należy rozpatrywać jako ważny etap większej cyfrowej rewolucji przedsiębiorstwa o wymiarze długoterminowym. Jej częścią jest integracja z różnymi systemami przedsiębiorstwa. W tym celu, by doszło do pełnej integracji, warto mieć na uwadze zmiany w procesie i konieczność niezbędnych inwestycji.

Obserwuje się rozdźwięk między bogactwem dostępnych danych cyfrowych a światem fizycznym, w którym je wykorzystujemy. Podczas gdy rzeczywistość jest trójwymiarowa, bogate dane, które są przetwarzane w celu podjęcia decyzji i działań, pozostają uwięzione na dwuwymiarowych stronach i ekranach. Ta przepaść między światem realnym a cyfrowym ogranicza zdolność do korzystania z potoków informacji i spostrzeżeń tworzonych przez miliardy inteligentnych, połączonych produktów na całym świecie. Rzeczywistość rozszerzona – technologia, która nakłada dane i obrazy cyfrowe na świat fizyczny, obiecuje wypełnić tę lukę i uwolnić niewykorzystane i wyjątkowe ludzkie możliwości.

Rzeczywistość rozszerzona umożliwia stworzenie nowego paradygmatu dostarczania informacji, który będzie miał głęboki wpływ na strukturę danych, zarządzanie nimi i ich dostarczanie w Internecie. Mimo że sieć zmieniła sposób gromadzenia, przekazywania i udostępniania informacji, jej model przechowywania danych i dostarczania stron internetowych na płaskich ekranach ma duże ograniczenia. Wymaga ona od ludzi mentalnego tłumaczenia informacji w formacie 2D do wykorzystania w świecie 3D. Nakładając informacje cyfrowe bezpośrednio na rzeczywiste obiekty lub środowiska,

AR pozwala na jednoczesne przetwarzanie informacji fizycznych i cyfrowych, eliminując potrzebę mentalnego połączenia tych dwóch elementów. Poprawia to zdolność do szybkiego i dokładnego przyswajania informacji, podejmowania decyzji i wykonywania wymaganych zadań szybko i sprawnie.

5.4. Przypadki wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w logistyce wewnętrznej przedsiębiorstw

Wymagania związane z opracowaniem nowego modelu lub doskonaleniem istniejących modeli zarządzania procesami logistycznymi są efektem ciągłych i szybkich zmian zachodzących w gospodarce. Klasyczne podejścia do projektowania systemów logistycznych muszą zostać rozszerzone o nowe technologie.

Opisana w rozdziale czwartym koncepcja zintegrowanego zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej znajduje potwierdzenie w stwierdzeniu A. Bitkowskiej sformułowanym w wydanej w 2019 roku pracy, w której autorka stwierdza⁴⁴: „procesy w przedsiębiorstwach w dobie cyfrowej transformacji przebiegają poprzez wiele działów i systemów, co wymaga nowego podejścia do zarządzania nimi – zintegrowanego zarządzania procesowego. Z pomocą przychodzą tu odpowiednie narzędzia IT, czyli systemy *Business Process Management*, które mają zastosowanie w jednej z płaszczyzn zintegrowanego zarządzania procesowego (płaszczyzna: technologie i narzędzia)”⁴⁵.

Systemy BPMS (*Business Process Management Suite* lub *Business Process Management System*, *Business Process Management Software*) służą do automatyzacji procesów biznesowych. BPMS zapewniają przede wszystkim: standaryzację pracy (poprzez wdrażanie procedur i regulaminów w postaci elektronicznych procesów biznesowych); synergię danych (import lub łączenie danych z innymi aplikacjami pozwala budować procesy na podstawie informacji z różnych obszarów działania firmy); wiedzę na temat jakości i organizacji pracy; informacje o realnym obciążeniu pracowników zadaniami⁴⁶.

Przyjęcie przez przedsiębiorstwa chcące się dynamicznie rozwijać koncepcji zintegrowanego zarządzania procesowego jest konieczne do zagwarantowania organizacjom konkurencyjnej pozycji na rynku. Wiele przedsiębiorstw będących częścią międzynarodowych korporacji ją stosuje. Zdaniem autora to właśnie zasięg działalności definiuje z góry politykę przedsiębiorstwa w zakresie zarządzania. Integracja systemów, a więc łączenie wzajemnie oddziałujących na siebie zbiorów elementów poszczególnych sys-

⁴⁴ A. Bitkowska, *Od klasycznego do zintegrowanego zarządzania procesami w organizacjach*, C.H. Beck, Warszawa 2019, s. 99-141.

⁴⁵ *Ibidem*, s. 130-131.

⁴⁶ K. Waćkowski, J.M. Chmielewski, *Kierunki rozwoju business proces management*, „Marketing i Rynek”, 12/2018, s. 397-406.

temów w spójną całość, pozwala na sprawne i efektywne zarządzanie całą organizacją. Realizacja jednej strategii w całym obszarze zarządzania organizacją zapewnia: spójność celów oraz działań doskonalących poszczególne obszary zarządzania, unikanie dublowania zadań, uprawnień i odpowiedzialności, zmniejszenie liczby dokumentów (przeciwieństwo biurokracji) i zapisów⁴⁷.

Na potrzeby opracowania modelu zebrano przypadki wykorzystania rzeczywistości rozszerzonej w logistyce wewnętrznej. Zaprezentowano je w tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Przypadki wykorzystania AR w logistyce wewnętrznej

Lp.	Czynność	Opis	Obszar zastosowania
1	2	3	4
1	Monitorowanie i zapisywanie wyników	Pozyskiwanie danych procesowych na potrzeby oceny KPI	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
2	Wyświetlanie wyników	Ocena danych procesowych, analiza KPI w postaci raportu wyświetlanego na inteligentnych okularach	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
3	Wyświetlanie symboli osiągniętej nagrody	Wyświetlanie symbolu nagrody, gdy użytkownik osiągnie wystarczający poziom KPI	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
4	Ustalanie priorytetów w zakresie rozmieszczenia pracowników na podstawie metryki procesu	Kontrola pracowników na podstawie metryki procesu (np. bieżące wykorzystanie). W przypadku wystąpienia określonych zdarzeń (np. wysokiego stopnia wykorzystania) pracownicy są traktowani indywidualnie	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
5	Wyświetlanie bieżącego obciążenia pracą	Wyświetlanie obciążenia pracą w czasie rzeczywistym (samozarządzanie)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
6	Wyświetlanie i tłumaczenie tekstów	Rozpoznawanie, tłumaczenie i wizualizacja tekstu	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
7	Wyświetlanie instrukcji postępowania	Przekazywanie pracownikowi za pomocą okularów instrukcji obchodzenia się z towarem i instrukcji obsługi (zamówienia, sprzętu logistycznego). Instrukcje mogą być wyświetlane w formie listy kontrolnej, zdjęć, filmów wideo itp.	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
8	Pomoc w fazie nauki poprzez instrukcje	Wspieranie nowego pracownika podczas szkolenia (np. poprzez wyświetlanie poszczególnych etapów procesu pracy krok po kroku)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
9	Wyświetlanie planów testów (usługa wartości dodanej)	Dostarczanie (ewentualnie wielojęzycznych) informacji do wdrożenia	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
10	Obsługa transmisji/strumieniowego przesyłania wideo	Prowadzenie videokonferencji za pomocą inteligentnych okularów, z punktu widzenia użytkownika okulary są narzędziem do prowadzenia i wspierania określonych etapów procesu	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej

⁴⁷ A. Bitkowska, *op. cit.*, s. 100.

1	2	3	4
11	Prowadzenie kroków roboczych za pomocą zdalnego sterowania (wsparcie wewnętrzne)	Wykorzystanie inteligentnych okularów jako narzędzi do wewnętrznego prowadzenia i wspierania niektórych etapów procesu (np. rewizji magazynu)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
12	Prowadzenie czynności roboczych poprzez zdalną konserwację (wsparcie zewnętrzne)	Wykorzystanie inteligentnych okularów jako narzędzi do zewnętrznego prowadzenia i wspomagania niektórych etapów procesu (np. konserwacji wózka widłowego)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
13	Obsługa komunikacji wideo z dostawcami i klientami	Korzystanie z okularów do prowadzenia wideo dokumentacji w czasie rzeczywistym na potrzeby np. reklamacyjne z dostawcą bądź klientem	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
14	Realizacja procesu dokumentowania	Dokumentowanie procesów z punktu widzenia użytkownika (np. towary wysokiej jakości)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
15	Dokumentacja uszkodzeń	Dokumentowanie uszkodzeń przy użyciu kamery i przekazywanie informacji do działu jakości (np. kontroli wejścia)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
16	Rozpoznawanie i wyświetlanie wprowadzonych do systemu błędów	Wykrywanie błędów i przekazywanie pracownikom informacji zwrotnych (np. na podstawie danych wprowadzonych przez użytkownika na inteligentnych okularach)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
17	Zautomatyzowanie kontroli wykonywanych czynności	Wykrywanie błędów i przekazywanie pracownikom informacji zwrotnych (np. na podstawie rozpoznawania obrazu z kamery)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
18	Prowadzenie zautomatyzowanej kontroli kompletacji	Prowadzenie kontroli z wykorzystaniem o kamery/ czujników, np. tego, właściwa półka została obsłużona przez pracownika	Kompletacja
19	Przeprowadzanie automatycznego przeglądu oferty reklamowej	Badanie stanowisk reklamowych za pomocą kamery (np. poprzez rozpoznawanie obrazu)	Wszystkie obszary logistyki wewnętrznej
20	Prowadzenie automatycznej kontroli stanu przedmiotu	Kontrola za pomocą kamery pod kątem uszkodzeń i kompletności	Przyjmowanie dostaw, wysyłka i obsługa
21	Prowadzanie zautomatyzowanej kontroli towarów niebezpiecznych	Kontrola za pomocą kamery podczas przeładunku towarów niebezpiecznych (np. ostrzeżenie, jeżeli odległość między dwoma kontenerami towarów niebezpiecznych jest zbyt mała)	Przyjmowanie dostaw, wysyłka i obsługa, inwentaryzacja
22	Identyfikacja obiektu za pomocą rozpoznawania obiektów	Porównanie i identyfikacja obiektu na podstawie zapisanych cech (kolor, rozmiar, geometria)	Wszystkie obszary wejściowe, z wyjątkiem obszaru zapasów
23	Skanowanie kodów kreskowych i kodów QR	Identyfikacja obiektu poprzez skanowanie kodów nadających się do odczytu maszynowego	Wszystkie obszary wejściowe, z wyjątkiem obszaru zapasów
24	Wyświetlanie informacji o obiekcie	Wskazywanie dodatkowych informacji o obiekcie	Wszystkie obszary wejściowe, z wyjątkiem obszaru zapasów

Tabela 5.2, cd.

1	2	3	4
25	Wyświetlanie instrukcji nawigacyjnych (statycznych)	Nawigacja pracownika, np. poprzez wyświetlanie strzałek, map, instrukcji	Przyjmowanie dostaw, magazynowanie
26	Wyświetlanie w czasie rzeczywistym map z informacjami o ruchu drogowym (dynamicznymi)	Wyświetlanie map i dodatkowych informacji (np. o sytuacji na drogach w magazynie) tak, aby na tej podstawie można było podejmować decyzje dotyczące jazdy	Przyjmowanie dostaw, magazynowanie
27	Wyświetlanie ostrzeżeń i informacji dotyczących bezpieczeństwa związanych z przedmiotem	Otrzymywanie ostrzeżeń lub instrukcji bezpieczeństwa za pomocą sygnałów akustycznych, optycznych lub haptycznych	Wszystkie obszary wejściowe, z wyjątkiem obszaru zapasów
28	Wyświetlanie ostrzeżeń i informacji dotyczących bezpieczeństwa związanych z procesem	Otrzymywanie ogólnych lub związanych z procesem ostrzeżeń lub instrukcji bezpieczeństwa za pomocą sygnałów akustycznych, optycznych lub haptycznych	Wszystkie obszary wejściowe, z wyjątkiem obszaru zapasów
29	Lokalizacja pobrania towaru	Wskazanie miejsca pobrania towaru	Magazynowanie
30	Odnalezienie towaru	Odnalezienie towaru (m.in. jednostki wysyłkowej, przedmiotów, kontenera wysyłkowego)	Kompletacja
31	Wskazanie informacji dotyczącej składowania/pakowania	Wyświetlanie informacji i instrukcji dotyczących tego, czy i w jaki sposób jeden obiekt może być ułożony/zapakowany w najlepszy możliwy sposób	Wysyłka i obsługa
32	Pomiar i dokumentacja towaru	Optyczny pomiar towarów za pomocą inteligentnych okularów	Przyjmowanie dostaw
33	Wskazanie optymalnej pozycji składowania	Wskazanie dla danego opakowania miejsca, w którym znajduje się optymalny pojemnik do przechowywania	Magazynowanie
34	Wyświetlanie i kontrola listy kompletacji	Wsparcie procesu kompletacji poprzez listę kompletacji i (automatyczne) potwierdzenie	Kompletacja
35	Optymalizacja załadunków	Wyświetlanie zoptymalizowanej kolejności załadunku tak, aby można było w pełni wykorzystać przestrzeń ładunkową	Wysyłka i obsługa
36	Automatyczna rejestracja zapasów magazynowych	Rejestracja liczby dostępnych towarów w magazynie (rozpoznawanie obrazu)	Stan magazynowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie W. Wang, F. Wang, W. Song, S. Su, *Application of Augmented Reality (AR) technologies in inhouse logistics*, E3S Web of Conferences 145, 02018/2018, IAECS 2019.

Przedstawione procesy zachodzące w logistyce wewnętrznej ukazują szeroki wachlarz zastosowania rzeczywistości rozszerzonej w celu ich wspomagania. Opracowanie modelu zarządzania procesami logistycznymi niewątpliwie stanowić może istotny

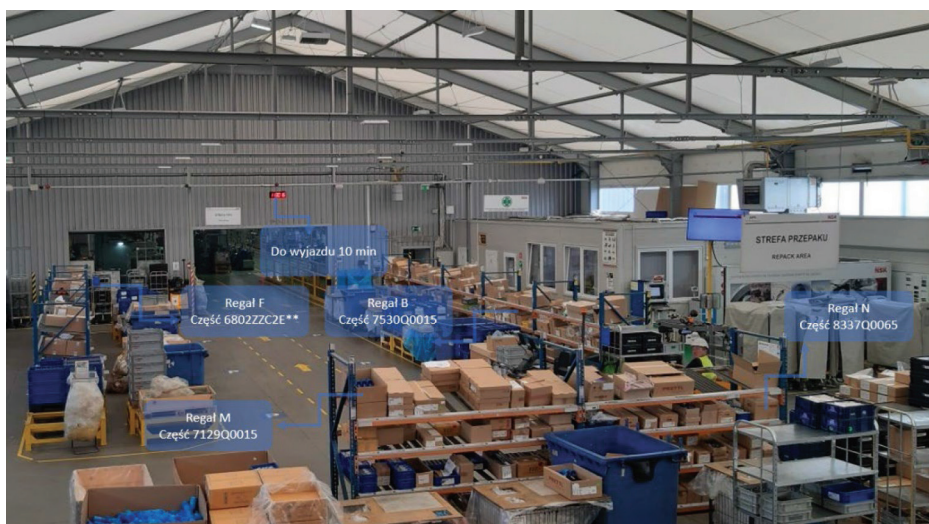
wkład w rozwój przedsiębiorstwa poprzez redukcję kosztów i podniesienie jakości zachodzących procesów. Dobór modelu zarządzania powinien obejmować dwie fazy. Stanowią je: 1) ustalenie i ocena sytuacji problemowej, 2) dobór metody rozwiązania problemu.

Faza pierwsza: ustalenie i ocena sytuacji problemowej

Analiza składu osobowego działu logistyki, czyli aktualnego poziomu zatrudnienia, jest konieczna, ponieważ odpowiedzialne przedsiębiorstwo, aby utrzymać stabilną sytuację i być konkurencyjne, musi kontrolować swoje koszty i podążać za innowacjami, zwłaszcza tymi, które w dłuższym okresie przynoszą oszczędność.

Faza druga: dobór metody rozwiązania problemu

Dobór odpowiedniej metody rozwiązania problemu jest bardzo ważny, ponieważ wpływa na skuteczność i efektywność procesu. Nie każdy problem można rozwiązać tą samą metodą, dlatego należy dostosować ją do charakteru i złożoności problemu, dostępnych zasobów i celów. W przypadku użycia technologii rzeczywistości rozszerzonej zastosowanie ma metoda analityczna, kreatywna i systemowa, bowiem rozłożenie problemu na mniejsze części i analizowanie ich oddzielnie umożliwia lepsze zrozumienie przyczyn i skutków problemu oraz znalezienie optymalnego rozwiązania. Takie podejście motywuje do wykorzystania pomysłowości w generowaniu nowych i oryginalnych rozwiązań. Umożliwia też przełamanie schematów myślenia i znalezienie innowacyjnych sposobów na rozwiązanie trudności. Problem rozłożony na mniejsze części i przyjęte kreatywne, oryginalne rozwiązanie wymusza wręcz jego zastosowanie w ujęciu systemowym. Ujęcie problemu jako części i analizowanie jego związków z innymi elementami systemu oraz otoczenia przyczyni się do zwiększenia wydajności pracownika. Duże znaczenie w tym postulowanym procesie odgrywać będzie rzeczywistość rozszerzona, która może ułatwić proces kompletacji części na potrzeby produkcyjne. Pracownik odpowiedzialny za kompletację zamówień produkcyjnych, pobierając z pociągu opakowanie na części, za pośrednictwem *Smart Glass* będzie otrzymywał dokładną informację o tym, w którym miejscu na regałach FIFO znajdują się potrzebne części. Wskazywanie dokładnego miejsca pobrania komponentów nie tylko przyspieszy pracę, lecz także zwiększy wydajność pracownika, a także pozwoli na uniknięcie pomyłek w trakcie procesu kompletacji. Informacja będzie pojawiała się w chwili pobrania opakowania odpowiadającego zapotrzebowaniu – inteligentne okulary będą odczytywały *bar code* (numer części) i wskazywały miejsce na regałach FIFO, gdzie część się znajduje (rysunki 5.4-5.5).

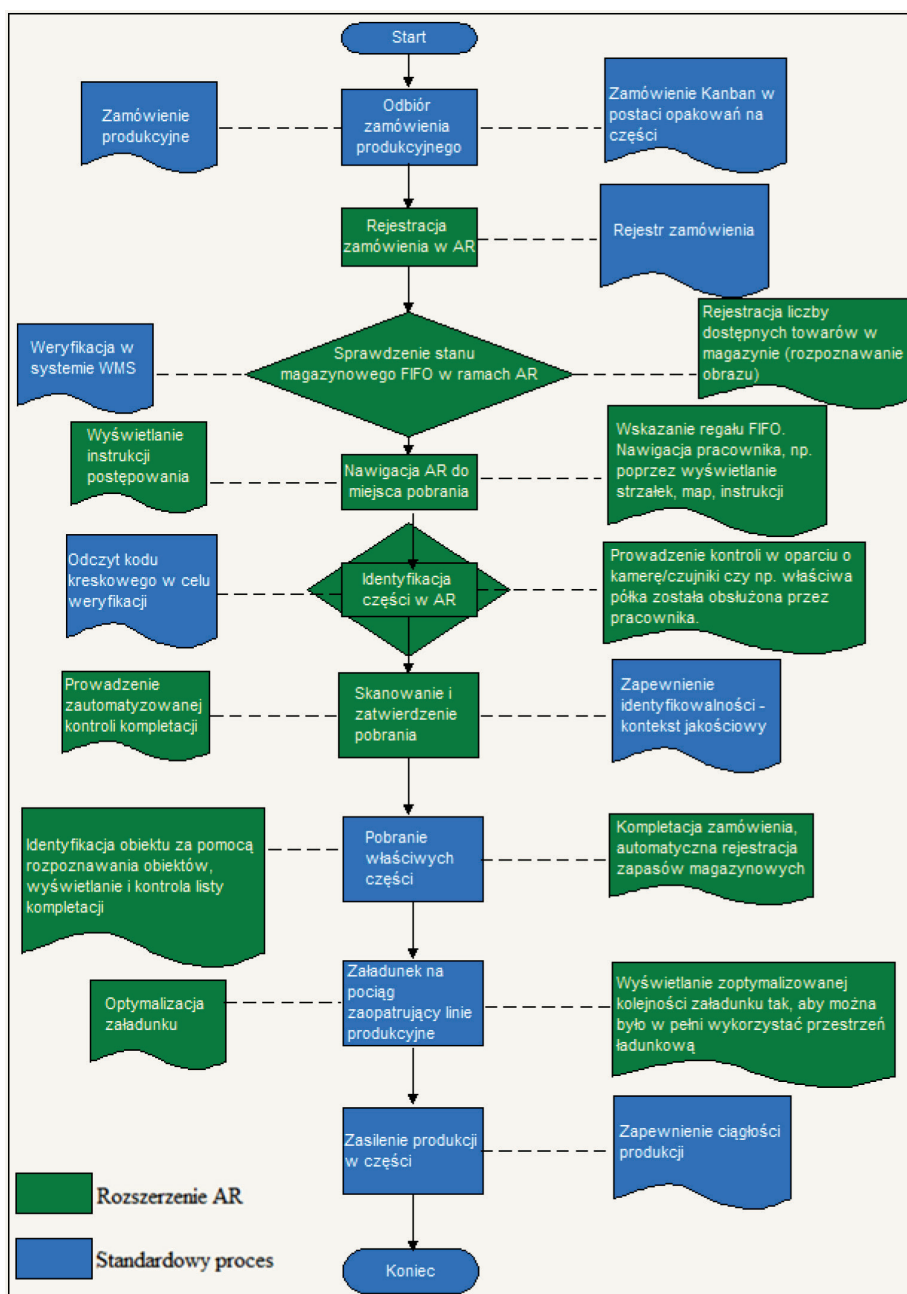


Rys. 5.4. Rozszerzony magazyn FIFO

Źródło: opracowanie własne.

Wpływ technologii rzeczywistości rozszerzonej na pracę jednostki (pracowników) odpowiedzialnych za kompletację na potrzeby zaopatrywania linii produkcyjnych na podstawie obserwacji zaprezentowano poniżej.

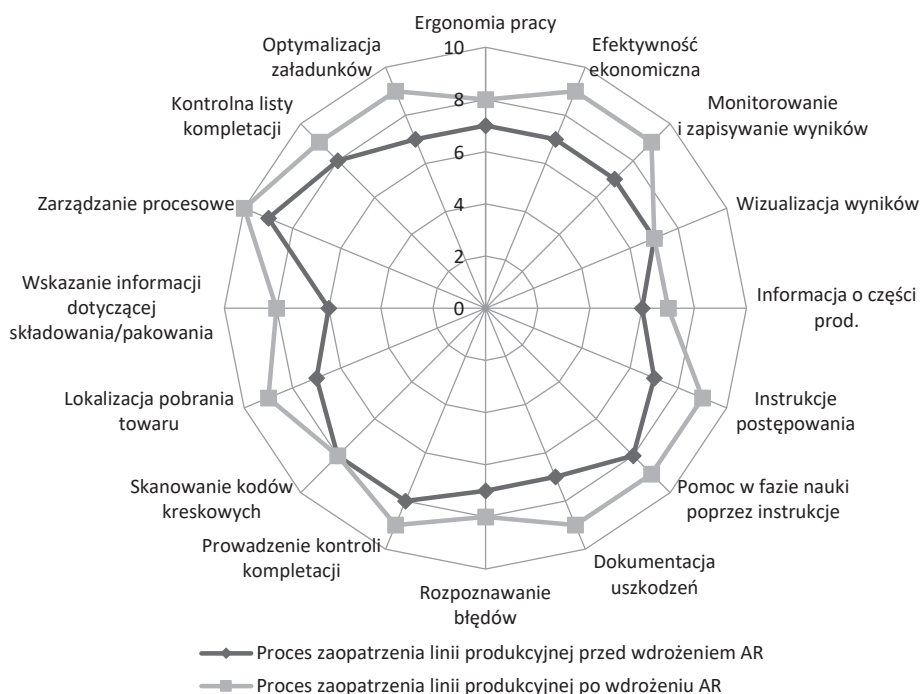
- Otwartość na korzystanie z nowinek technologicznych – pracownicy z reguły są otwarci na korzystanie z nowych rozwiązań mogących ułatwić im pracę, co sprawia, że proces wdrożenia nie wywołuje ich oporu. Zaslugę w tym ma management przedsiębiorstwa, który kładzie duży nacisk na uświadamianie pracowników o tym, co jest planowane na terenie spółki.
- Łatwość użycia – pracownicy po pilotażowej możliwości zetknięcia się z technologią AR stwierdzili, że korzystanie ze *Smart Glass* jest łatwiejsze niż korzystanie ze standardowych skanerów, ze względu na wygodny sposób wyświetlania informacji. Założono, że praca przy wykorzystaniu inteligentnych okularów wymaga mniejszej koncentracji, dzięki czemu zadania do wykonania mogą wydawać się mniej nużące. Możliwość jasnego i prostego wyświetlania instrukcji pracy również została doceniona przez pracowników.
- Szybkość pracy – dzięki identyfikacji za pomocą *Smart Glass* pracownik nie traci czasu na odnalezienie części na regałach przepływowych FIFO, aplikacja bowiem wskazuje miejsce, w którym znajdują się części.
- Współczynnik błędów – korzystanie z podpowiedzi, instrukcji wyświetlanych na soczewkach *Smart Glass* zmniejsza/likwiduje prawdopodobieństwo błędnie wybranych i przygotowanych części.



Rys. 5.5. Smart Extended Management Vision

Źródło: opracowanie własne.

Rozwijając rozważania, należy dodać, że wykorzystanie AR w wybranym przez autora procesie zapewnia zaspokojenie wielu oczekiwań przynoszących poprawę uwarunkowań wykonywania pracy logistyki w wymiarze zarówno codziennej pracy, jak i operacyjnym (rysunek 5.6).



Rys. 5.6. Model oceny poziomu dojrzałości zasilania w komponenty linii produkcyjnej po wdrożeniu AR

Źródło: opracowanie własne.

Oczekiwane korzyści z zastosowania rzeczywistości rozszerzonej w procesie zaopatrywania produkcji zebrano i przedstawiono w tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Oczekiwane korzyści wynikające z wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie

Typ korzyści	Uzasadnienie
1	2
Obniżony poziom błędów	Nie trzeba pamiętać o akcji do wykonania (przenoszenie informacji), pracownik otrzymuje wskazówki dotyczące każdej czynności, jaką musi wykonać. Urządzenie pokazuje zdjęcie poszukiwanego komponentu w polu widzenia pracownika
	Ograniczone możliwości podejmowania decyzji (urządzenie pokazuje pracownikowi kolejne kroki, które musi wykonać).

1	2
	Automatyczna podwójna kontrola może być łatwo wykonana, np. z automatycznym rozpoznawaniem produktu, miejscem przechowywania na regałach przepływowych FIFO.
	Odwroćenie uwagi pracownika nie skutkuje pominięciem niezbędnych czynności, system wskaże, co jeszcze pracownik musi wykonać, by zakończyć czynność.
Większa elastyczność	<i>Smart Glass</i> oferuje rozwiązanie głosnomówiące, będące praktycznym rozwiązaniem, gdy element/opakowanie ma duży rozmiar.
	Informacje niezbędne do wykonywania czynności mogą być wyświetlane w dowolnym miejscu i każdej chwili, co jest bardzo ważne, gdyż obszar FIFO w spółce zajmuje dość duży obszar.
	Zakłócenie pracy pracownika nie wpływa negatywnie na wykonywane czynności, pracownik nie musi opuszczać miejsca pracy w celu kontroli czynności jakie musi wykonać.
	Z urządzeniem proponującym centralne pole widzenia staje się ono rozwiązaniem „bez oczu”; w połączeniu z wagą inteligentnych okularów pracownik nie powinien odczuwać zmęczenia.
Poprawiona niezawodność	Możliwość nagrania filmu lub zrobienia zdjęcia dokumentującego niezgodność i przesłania do osób zajmujących się takimi sprawami w przedsiębiorstwie, bez konieczności sięgania po aparat czy opuszczenia miejsca pracy w celu zgłoszenia zaistniałej sytuacji.
	Przekazywane w łatwy sposób instrukcje postępowania wymagają od pracownika mniejszej koncentracji w trakcie pracy.
Szybkość wykonywanych czynności	Nawet jeśli technologia rzeczywistości rozszerzonej sama w sobie nie jest szybka, poprzez zmniejszanie liczby błędów/pomyłek wpływa na szybkość wykonywanych czynności.
	Unikanie opuszczania stanowiska pracy w celu sprawdzenia czegoś na komputerze. Pracownik może odtworzyć wykonane czynności w celu potwierdzenia, czy zostały one należycie wykonane.
	W przypadku rotacji pracowników daje możliwość przeprowadzenia szybkiego szkolenia i asymilacji nowego pracownika.
Adaptacyjność	Rozwiązanie nie wymaga specyficznego środowiska, ponieważ pracownik nosi okulary przy sobie.
	Inteligentne okulary mogą być odpowiednie dla osób niepełnosprawnych.
Bezpieczeństwo	Pracownik, który nie ma zajętych rąk, jest bezpieczniejszy na stanowisku pracy.
	Inteligentne okulary mogą dostarczyć informacji mogących poprawić bezpieczeństwo pracy lub ostrzegać przed bezpośrednim zagrożeniem.
Nowa technologia	Wzbudza entuzjazm wielu pracowników, zwłaszcza młodych. Pozwala to na akceptację użytkownika końcowego.
	Z marketingowego punktu widzenia pokazuje to, że firma dostosowuje się do najnowszych innowacji.

Źródło: opracowanie własne.

Wnioski, które autor wyciągnął z testów technologii rzeczywistości rozszerzonej, są następujące:

- Inteligentne okulary są szczególnie interesujące z przemysłowego punktu widzenia, jako że oferują rozwiązanie niewymagające od pracownika użycia rąk. Podczas noszenia mogą dać użytkownikowi możliwość skutecznej komunikacji ze światem fizycznym, co jest kluczowe w zastosowaniach przemysłowych.
- Mimo że jest wiele dowodów na to, że koncepcja oraz demonstracyjne koncepcyjne przyszłych zastosowań mają pozytywny wpływ na pracę człowieka, badanie korzyści i ograniczeń tej technologii jest kluczowe przed jej wdrożeniem.
- Głównym obszarem zainteresowania wykorzystaniem inteligentnych okularów jest kompletacja zamówień produkcyjnych, chociaż dostępne rozwiązania pozwalają na ich szersze zastosowanie.

W opinii autora niniejszej monografii korzyści z zastosowania rzeczywistości rozszerzonej w procesie zaopatrywania linii produkcyjnych zależą od sprzętu. Uzyskiwane rezultaty mogą być bowiem rozmaite w zależności od odmiennych specyfikacji urządzeń. Zasadne jest przeprowadzenie testów różnych typów okularów i wybór tych, które będą spełniały wszystkie wymagania odzwierciedlające warunki pracy. Choć rzeczywistość rozszerzona nie jest uważana za nową technologię, jej wykorzystanie w działalności produkcyjnej i logistycznej nadal jest znacznie ograniczone w porównaniu z innymi technologiami.

Zakończenie

Zawartość merytoryczna niniejszej publikacji odpowiada założonym celom teoretycznym i badawczym. Teoretyczna część pracy została opracowana na podstawie przeglądu literaturowego opartego na wykorzystaniu pierwotnych i wtórnych źródeł literatury. Źródła wtórne stanowiły publikacje naukowe zarówno krajowe, jak i zagraniczne.

W części teoretycznej podjęto kwestie związane z systemami zarządzania logistycznego i zintegrowanego zarządzania procesowego, które jest wręcz wymagane w przedsiębiorstwach wdrażających różnego rodzaju innowacyjne rozwiązania, mające na celu poprawę efektywności i skuteczności działań zakładu produkcyjnego. Usystematyzowano dostępną wiedzę o wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, a także wskazano wzrastającą rolę, jaką będą odgrywać nowe technologie w zarządzaniu przedsiębiorstwem.

Rozdziały empiryczne publikacji zawierają analizy, podsumowanie przeprowadzonych badań, analizy statystycznej i wywiadu z menedżerami działów logistyki w różnych pod względem wielkości przedsiębiorstwach produkcyjnych. Ostatnim etapem badań było zaproponowanie modelu zarządzania procesami logistycznymi przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej.

Treści zawarte w poszczególnych rozdziałach niniejszej monografii uwzględniają czynniki i uwarunkowania mające na celu weryfikację postawionych hipotez.

Uzasadniając podjęcie badań nad wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwach produkcyjnych w celu poprawy efektywności procesów logistycznych, kreując nowe elementy konkurencyjności na podstawie zebranych wyników kwestionariuszy, można jednoznacznie wskazać potrzebę dążenia przedsiębiorstw do zwiększenia konkurencyjności. Oczywiście jest, co potwierdziły badania przeprowadzone przez autora, że zakłady pracy oceniają rosnącą złożoność procesów logistycznych, a także proces zwiększania efektywności siły roboczej jako determinanty wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej. Warto zauważyć, że przedsiębiorcy postrzegają rzeczywistość rozszerzoną również jako narzędzie poprawy bezpieczeństwa pracowników, potwierdzając tym samym teoretyczne założenia zarządzania zasobami ludzkimi, stanowiące, iż ludzie są najważniejszym elementem każdego zakładu pracy.

Dokonując krytycznej analizy literatury, ustalono, że tak jak nieustannym przeobrażeniom podlegają warunki panujące na rynku, tak samo zmienia się podejście do kwestii zarządzania. Przedsiębiorstwa wdrażające liczne innowacyjne rozwiązania nie tylko muszą rozwijać kulturę pracy, ale również zmieniać podejście do zarządzania, kierując je od klasycznego zarządzania w stronę zintegrowanego zarządzania procesowego. Brak

integracji może prowadzić do zwiększenia kosztów działania, większego zaangażowania potencjału ludzkiego oraz chaosu kompetencyjnego i organizacyjnego, na co w dobie globalizacji i rosnącej konkurencji przedsiębiorstwa nie mogą sobie pozwolić.

Zauważono, że choć AR oferuje wiele możliwości w dziedzinie logistyki, to jednak włączenie tej technologii do procesów organizacyjnych wywołuje wiele problemów, które podważają jej powszechne zastosowanie i sprawiają, że przydatność AR do zastosowań biznesowych jest wątpliwa. Skupienie się na określeniu właściwego zastosowania dla konkretnych przypadków zapewnia trwałą wartość i wsparcie pracownikom. Głównym czynnikiem stosowania rzeczywistości rozszerzonej w wielu przedsiębiorstwach produkcyjnych jest ciekawość i chęć wykorzystania jej, zanim powszechnie dostępne staną się właściwe informacje dotyczące tej technologii. Dość częstym wyzwaniem dla przedsiębiorstw chcących wdrożyć AR jest niemożność poprawnego zidentyfikowania obszaru, w którym technologia ta może przynieść największe korzyści. Określenie odpowiedniego przypadku do implementacji AR oraz testowania jej możliwości jest częścią trzech priorytetów dla przedsiębiorstw planujących wdrożenie.

W dziedzinie logistyki dostępnych jest wiele technologii, które mogą skutecznie podnieść efektywność firm i pomóc im budować przewagę konkurencyjną. Do najbardziej innowacyjnych zalicza się wirtualną i rozszerzoną rzeczywistość – kolejne technologie, które mogą znaleźć i znajdują zastosowanie w firmach logistycznych. Gartner przewiduje, że rozwiązania AR będą szeroko wykorzystywane w najbliższych 5-10 latach. Nie oznacza to jednak, że obecnie nie ma w tym zakresie ciekawych wdrożeń. Technologie są już bowiem używane, np. w firmach zajmujących się naprawami i konserwacją, przy magazynowaniu produktów, a także w logistyce. Dowód na występowanie przedsiębiorstw korzystających z rzeczywistości rozszerzonej w Polsce i Europie stanowi przeprowadzone przez autora badanie ankietowe, którym posłużono się do określenia dojrzałości technologii rzeczywistości rozszerzonej na terenie Polski i Europy. Wśród 375 respondentów 129 potwierdziło korzystanie z AR, co stanowi 34,4% ogółu badanych. Zauważono, że najwięcej pozytywnych odpowiedzi otrzymano z następujących państw: Niemcy – 40; Wielka Brytania – 21; Francja – 19; Hiszpania – 12; Czechy i Szwecja – po 7; Polska, Włochy, Holandia, Słowenia – po 4; Norwegia i Portugalia – po 3; Szwajcaria – 1. Rozłożenie przedsiębiorstw korzystających z rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione, zdaniem autora, od centrów badawczych i firm wdrażających AR. W Europie wyraźnym liderem w zastosowaniu VR i AR w przedsiębiorstwach są Francja, Niemcy, Wielka Brytania i Holandia, z rosnącą aktywnością Szwecji i Finlandii, Szwajcarii, Hiszpanii, Włoszech. W bardziej ograniczonym zakresie technologie te wykorzystują przedsiębiorstwa w Europie Wschodniej (Polska i Czechy). Szczególne hot spoty działalności VR i AR można dostrzec w Paryżu, Laval, Londynie, Amsterdamie, Berlinie, Monachium, Sztokholmie, Zurychu i Madrycie. Jeśli chodzi o środowisko biznesowe, to Londyn i Amsterdam stwarzają szczególnie korzystną atmosferę dla nowych start-upów VR i AR dzięki tętniącemu życiem środowisku biznesowemu i innowacyjnej kulturze.

W trakcie realizacji badań potwierdzono hipotezę główną pracy: *Rzeczywistość rozszerzona wpływa na efektywność procesów logistycznych, kreując nowe elementy konkurencyjności przedsiębiorstwa produkcyjnego*. Potwierdzeniem hipotezy głównej jest zaprezentowany przez autora model zarządzania procesem zaopatrywania linii produkcyjnych w części do produkcji. Choć założenia modelu zarządzania procesami logistycznymi, korzystając z technologii rzeczywistości rozszerzonej, obejmują wycinek z całej działalności logistyki wewnętrznej w przedsiębiorstwie, to wzrost produktywności będzie znaczący, gdyż wyniesie 11% w porównaniu z aktualnym sposobem pracy. Na pytanie o zorientowanie na doskonalenie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie zdecydowana większość (94,9%) ogółu ankietowanych odpowiedziała twierdząco. Wśród osób mających w przedsiębiorstwie kontakt z technologią rzeczywistości rozszerzonej zaobserwowano jednak większy, wynoszący 99,2%, udział pozytywnych odpowiedzi niż u osób niemających styczności z AR i VR, wśród których odsetek ten był równy 92,7. Przeprowadzenie testu Fishera wskazało na istotność tej różnicy ($p < 0,01$). Efektywność procesów w przedsiębiorstwie łączyło z wprowadzeniem technologii rzeczywistości rozszerzonej 99,2% badanych z grupy mającej styczność w przedsiębiorstwie z AR, oraz 87,2% osób z pozostałej części ankietowanych. Zauważono istotną statystycznie różnicę w odpowiedziach wśród osób należących do różnych grup ($p < 0,001$; test Fishera). Uzupełnieniem hipotezy głównej były hipotezy szczegółowe.

Zrealizowano cel badawczy, wykonując dogłębną analizę postrzegania rzeczywistości rozszerzonej przez przedsiębiorstwa produkcyjne przez pryzmat zwiększenia efektywności procesów logistycznych.

Analizując zgromadzone dane, uzyskano informacje o wieku przedsiębiorstwa, jego wielkości, zasięgu działania, postrzegania rzeczywistości jako narzędzia mającego wpływ na poprawę efektywności procesów logistycznych, trendach mogących mieć wpływ na szersze upowszechnienie AR wśród przedsiębiorstw.

Najwięcej firm, których pracownicy brali udział w badaniu, funkcjonuje na rynku od 20 do 31 lat. Większość z nich działa w zasięgu europejskim. W przypadku firm, w których zastosowanie znajduje rozszerzona rzeczywistość, zdecydowanie większy odsetek niż w przypadku przedsiębiorstw niewykorzystujących tej technologii ma zasięg światowy. W drugiej z wymienionych grup istotnie większym odsetkiem są firmy o zasięgu krajowym. Różnice między grupami w tej kategorii były istotne statystycznie.

W badaniu empirycznym wykorzystującym kwestionariusz ankiety odniesiono się do sformułowanych hipotez. Na podstawie analiz odpowiedzi respondentów oraz przeprowadzonych testów statystycznych należy stwierdzić, że niektóre hipotezy szczegółowe nie znalazły potwierdzenia. Wnioski z badań empirycznych wskazują na zrealizowanie postawionych celów badawczych.

Dysponując danymi dotyczącymi wieku przedsiębiorstwa, wielkości oraz zasięgu jego działalności, zweryfikowano hipotezę stanowiącą, że implementacja rzeczywistości rozszerzonej była uzależniona od wielkości przedsiębiorstwa, zasięgu jego działalności oraz długości istnienia zakładu. Model ten pokazał, że wpływ na implementację

rozszerzonej rzeczywistości miały wielkość przedsiębiorstwa oraz zasięg jego działania. Zmienna odnosząca się do długości funkcjonowania została odrzucona jako predyktor implementacji tej technologii na podstawie algorytmu eliminacji wstecznej, który eliminuje z modelu najmniej istotne zmienne do momentu, kiedy pozostają w nim jedynie te o istotnym wpływie na zmienną objaśnianą.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że wielkość zatrudnienia jest determinantą implementacji AR. Analiza pokazała istotny wpływ wielkości zatrudnienia przedsiębiorstwa na implementację w nim rzeczywistości rozszerzonej ($p = 0,001$). Szansa na nią była 2,092 razy mniejsza w przypadku firm małych lub średnich niż w przypadku przedsiębiorstw dużych.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że zasięg działalności przedsiębiorstwa ma duże znaczenie przy wdrożeniu AR. Istotny związek między zasięgiem przedsiębiorstwa a implementacją rzeczywistości rozszerzonej potwierdzono modelem regresji logistycznej, w którym został on uwzględniony jako jedyna zmienna objaśniająca. Szansa na implementację AR była średnio 1,65 razy wyższa w przypadku przedsiębiorstwa o zasięgu światowym niż szansa przedsiębiorstwa o zasięgu europejskim. Przedsiębiorstwo działające na rynku krajowym miało natomiast średnio 3,584 razy mniejsze szanse na implementację rozszerzonej rzeczywistości niż firma działająca na rynku europejskim.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na zależność pomiędzy implementacją rozszerzonej rzeczywistości a poziomem wiedzy na jej temat. Wraz ze wzrostem szacowanego poziomu znajomości technologii rzeczywistości rozszerzonej szanse na implementację jej były średnio 2,291 razy wyższe.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej jest uzależnione od chęci doskonalenia procesów logistycznych. Szanse na implementację rozszerzonej rzeczywistości w firmach pracowników, którzy deklarowali chęć doskonalenia procesów logistycznych, były średnio 10,15 razy większe niż szanse respondentów, którzy nie byli na nie zorientowani.

Negatywnie zweryfikowano hipotezę wskazującą na to, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej było uzależnione od rodzaju własności przedsiębiorstwa. Uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od rodzaju własności przedsiębiorstwa wskazało na to, że wybrana zmienna objaśniająca nie miała istotnego wpływu na implementację AR w przedsiębiorstwie.

Również negatywnie zweryfikowano hipotezę stanowiącą, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej w danym przedsiębiorstwie może mieć wpływ na uznanie zwiększenia skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z użycia w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej. Zmienna odnosząca się do wdrożenia technologii AR w modelu obrazującym jej wpływ na zwiększenie postrzegania skuteczności szkoleń jako korzyści płynącej z wykorzystania w szkoleniach aplikacji rzeczywistości rozszerzonej została usunięta z niego w procesie eliminacji wstecznej zmiennych o najmniejszej istotności. Świadczy to o braku istotnego wpływu tej zmiennej na wartość zmiennej objaśnianej.

Zweryfikowano pozytywnie hipotezę wskazującą na to, że zwiększająca się złożoność procesów logistycznych przyspieszy wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce. Zwiększająca się złożoność procesów logistycznych była odpowiedzią wybieraną przez największą liczbę ankietowanych jako ta, która ma przyspieszyć wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w logistyce. Wskazało ją 348 (92,8%) z 375 badanych.

Potwierdzono hipotezę stanowiącą, że wdrażający AR znają różnicę między rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną. Zdecydowana większość (98,4%) respondentów pracujących w przedsiębiorstwach, w których wykorzystywana jest technologia rozszerzonej rzeczywistości, deklarowała znajomość różnicy pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną a rzeczywistością mieszaną. Deklaracja znajomości została potwierdzona osobnym pytaniem dotyczącym pojęcia rzeczywistości mieszanej.

Negatywnie zweryfikowano hipotezę wskazującą na to, iż fakt, że w danym przedsiębiorstwie wdrożono rzeczywistość rozszerzoną, ma wpływ na postrzeganie zwiększania bezpieczeństwa pracowników jako najbardziej odpowiedniego wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej. Zmienna odnosząca się do wdrożenia technologii AR w modelu obrazującym jej wpływ na postrzeganie zwiększania bezpieczeństwa pracowników jako najbardziej odpowiedniego wyzwania logistycznego do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej została usunięta z tego modelu w procesie eliminacji wstecznej zmiennych o najmniejszej istotności. Świadczy to o braku istotnego wpływu tej zmiennej na wartość zmiennej objaśnianej. Nie przesądza to jednak, że AR nie ma pozytywnego wpływu na poprawę bezpieczeństwa na stanowisku pracy.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej uzależnione było od chęci usprawnienia procesów zaopatrzenia, magazynowania i kompletacji. Model, w którym chęć usprawnienia procesu magazynowania była jedyną zmienną objaśniającą, wykazał, że szansa na wykorzystanie w przedsiębiorstwie rzeczywistości rozszerzonej dla osób, które deklarowały chęć usprawnienia tego właśnie procesu, była średnio 2,633 razy wyższa niż dla osób, które nie deklarowały takiej chęci. Również zmienna odnosząca się do chęci usprawnienia procesu kompletacji okazała się mieć istotny wpływ na wykorzystanie w przedsiębiorstwie rzeczywistości rozszerzonej. Przedsiębiorstwa deklarujące chęć usprawnienia tego procesu miały średnio 2,174 razy większe szanse na implementację tej technologii.

Potwierdzono hipotezę stanowiącą, że wdrożenie technologii rzeczywistości rozszerzonej spowodowane jest chęcią poprawy efektywności pracy pracowników. Wśród osób, które wybrały tę odpowiedź, szanse na implementację AR w ich przedsiębiorstwie są 6,25 razy większe, a wybór ten ma istotny wpływ na wartość zmiennej objaśnianej.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na fakt, że to, iż w danym przedsiębiorstwie wdrożono rzeczywistość rozszerzoną, ma wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR. Implementacja AR w przedsiębiorstwie ma istotny wpływ na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR. Szanse osób pracujących w przedsiębiorstwach, w których zaimplementowano

tę technologię, na postrzeganie tej implementacji jako możliwej przyczyny problemu redukcji zatrudnienia, są średnio 6,237 razy większe niż w przypadku osób, w których miejscu zatrudnienia nie wykorzystuje się AR.

Potwierdzono hipotezę stanowiącą, że wdrożenie rzeczywistości rozszerzonej w danym przedsiębiorstwie ma wpływ na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce. Model regresji logistycznej stworzony w celu weryfikacji hipotezy wykazał, że wpływ ten jest istotny statystycznie. Szanse osób pracujących w przedsiębiorstwach wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce, były średnio 4,541 razy większe niż szanse osób niemających w pracy kontaktu z tą technologią.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że korzystanie z AR utożsamiane jest z młodszyimi pracownikami. W grupie pracowników przedsiębiorstw, w których wykorzystywana jest rzeczywistość rozszerzona, odpowiedź tę wybrało 63,6% respondentów, natomiast w grupie pracowników firm, które jeszcze nie korzystają z tej technologii, wyboru tego dokonało jedynie 44,7% osób. Różnica ta jest istotna statystycznie.

Potwierdzono hipotezę wskazującą na to, że proces wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej jest uzależniony od płci pracownika. Hipotezę tę zweryfikowano poprzez stworzenie modelu regresji logistycznej, w którym zmienną objaśniającą była płeć. Model ten wykazał, że szanse mężczyzn były średnio 5,848 razy mniejsze w stosunku do szans kobiet.

Mimo że większość respondentów z obu badanych grup deklarowała chęć doskonalenia procesów logistycznych, wykazano, że w firmach pracowników, którzy złożyli taką deklarację, istnieją znacznie większe szanse na wprowadzenie technologii rzeczywistości rozszerzonej niż w firmach pracowników, którzy nie wyrazili takiej potrzeby.

Najwięcej badanych uważa, że rozszerzona rzeczywistość jest nośnikiem innowacyjności w dużym stopniu – tę odpowiedź wybrało 53,9% ogółu badanych. Obserwujemy tu jednak istotnie statystyczne różnice w odpowiedziach pomiędzy poszczególnymi grupami ($p < 0,01$; test Fishera). Na duży stopień z grupy osób mających styczność z AR wskazało 63,6% badanych, podczas gdy wśród osób niepracujących z tą technologią na ten wybór zdecydowało się 48,5% badanych. Drugą w kolejności wybraną opcją była odpowiedź „bardzo duży” – w przypadku osób mających doświadczenie z rzeczywistością rozszerzoną wskazało na nią 36,4% badanych, zaś w grupie niemającej styczności z AR odsetek ten wyniósł 44,6. Pozostałe rangi wybierane były w znacznie mniejszym stopniu. Najmniej osób wskazało na stopień mały – odsetek ogółu odpowiedzi wyniósł zaledwie 0,8. Należy zauważyć, że dwie najniższe rangi wybierane były jedynie w grupie osób niemających styczności z technologią rozszerzonej rzeczywistości.

Obserwuje się zasadniczy rozdźwięk między bogactwem dostępnych danych cyfrowych a światem fizycznym, w którym je wykorzystujemy. Podczas gdy rzeczywistość jest trójwymiarowa, bogate dane, które są przetwarzane w celu podjęcia decyzji i działań, pozostają uwięzione na dwuwymiarowych stronach i ekranach. Ta przepaść między

światem realnym a cyfrowym ogranicza zdolność do korzystania z potoków informacji i spostrzeżeń tworzonych przez miliardy inteligentnych, połączonych produktów na całym świecie. Rzeczywistość rozszerzona – technologia, która nakłada dane i obrazy cyfrowe na świat fizyczny, obiecuje wypełnić tę lukę i uwolnić niewykorzystane i wyjątkowe możliwości ludzi.

Rzeczywistość rozszerzona umożliwia stworzenie nowego paradygmatu dostarczania informacji, który będzie miał ogromny wpływ na strukturę danych, zarządzanie nimi i ich dostarczanie w Internecie. Mimo że sieć zmieniła sposób gromadzenia, przekazywania i udostępniania informacji, jej model przechowywania danych i dostarczania stron internetowych na płaskich ekranach ma znaczne ograniczenia, wymaga bowiem od ludzi mentalnego tłumaczenia informacji w formie 2D do wykorzystania w świecie 3D. Nakładając informacje cyfrowe bezpośrednio na rzeczywiste obiekty lub środowiska, AR pozwala na jednoczesne przetwarzanie informacji fizycznych i cyfrowych, eliminując potrzebę mentalnego połączenia tych dwóch elementów. Poprawia to zdolność do szybkiego i dokładnego przyswajania informacji, podejmowania decyzji i wykonywania wymaganych zadań szybko i sprawnie.

Z badań autora wynikają następujące wnioski dotyczące omawianej technologii:

- Inteligentne okulary są szczególnie interesujące z przemysłowego punktu widzenia, ponieważ oferują rozwiązanie niewymagające od pracowników użycia rąk. Okulary mogą podczas noszenia dać użytkownikowi możliwość skutecznej komunikacji ze światem fizycznym, co jest kluczowe w zastosowaniach przemysłowych.
- Mimo że jest wiele dowodów na to, że koncepcja oraz demonstracje koncepcyjne przyszłych zastosowań mają pozytywny wpływ na pracę człowieka, badanie korzyści i ograniczeń tej technologii jest priorytetowe przed jej wdrożeniem.
- Otwartość na korzystanie z nowinek technologicznych jest kluczowa – pracownicy z reguły otwarci są na korzystanie z nowych rozwiązań mogących ułatwić im pracę, co sprawia, że proces wdrożenia nie budzi ich oporu. Pracownicy po pilotażowej możliwości zetknięcia się z technologią AR potwierdzili łatwość jej użycia – badani wyrazili opinię, że korzystanie ze *Smart Glass* jest mniej skomplikowane niż użycie standardowych skanerów ze względu na wygodny sposób wyświetlania informacji. Zauważono, że praca z wykorzystaniem inteligentnych okularów wymaga mniejszej koncentracji, dzięki czemu zadania, jakie należy wykonać, wydają się mniej nużące. Znaczenie jasnego i prostego wyświetlania instrukcji pracy również dostrzeżono przez pracowników.
- Użycie *Smart Glass* zwiększa tempo pracy – dzięki okularom pracownik nie traci czasu na odnalezienie części na regałach przepływowych FIFO, aplikacja bowiem wskazuje miejsce, gdzie znajdują się części.
- Dzięki zastosowaniu technologii AR współczynnik błędu się obniża – korzystanie z podpowiedzi, instrukcji wyświetlanych na soczewkach *Smart Glass* zmniejsza bądź likwiduje prawdopodobieństwo błędnie wybranych i przygotowanych części.

- Analiza wymagań w zakresie łączności systemu AR wykazała, że nie wszystkie przypadki wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej wymagają wysokiej dostępności sieci i jej przepustowości. Jest to bardzo ważne, gdyż brak współpracy na odległość, niewłaściwa łączność i przepustowość mogą być hamulcem systemowej transformacji. W przypadku zastosowań, które mogą działać bez łączności sieciowej, bardzo istotna okazuje się moc obliczeniowa, ponieważ większość systemów AR wymaga zaawansowanej grafiki i przełożenia na czas rzeczywisty.

Autor wyraża opinię, że badanie przeprowadzone w jeszcze większej grupie przedsiębiorstw stosujących AR pozwoli potwierdzić hipotezy szczegółowe.

Rzeczywistość rozszerzona znajduje się w początkowej fazie, zatem aplikacji, które mogą powstać, jest nieskończenie dużo. Wiele produktów AR zostało zaprezentowanych w kilku rodzajach i rozpowszechnionych na całym świecie. Nakładanie się informacji na przestrzeń 3D tworzy zupełnie nowe doświadczenie świata i wspiera szersze przejście z komputerów stacjonarnych na urządzenia mobilne, jednocześnie stwarza możliwości dotarcia do informacji i nowe szanse na naukę i badania.

Znaczną część badań nad AR przeprowadzono w kontekście zrozumienia treści AR czy analizy postaw użytkowników wobec AR. Ta technologia może być kolejnym obszarem decydującym o kierunku ewolucji technologii mobilnych, które po początkowym okresie badań i eksperymentów aktualnie zaczynają technologicznie dojrzewać i zdobywać akceptację społeczną. Ostatnie osiągnięcia w dziedzinie urządzeń i aplikacji AR dowodzą, że jest to ekscytujący obszar dla badań naukowych. Nowe poziomy adaptacji technologicznej, a także nowe zastosowania i możliwości wywołują ważne pytania naukowców dotyczące tego, w jaki sposób AR zakwestionuje normy i oczekiwania społeczne, jak skomplikuje wzorce komunikacji, jak zmieni nasze postrzeganie przestrzeni (miejsca).

Bibliografia

- Abt S., *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1998.
- Abt S., Woźniak H., *Podstawy logistyki*, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1993.
- Adil Jamil Zaru, M. Alamgeer, *An overview of virtual reality*, "IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)", 20(2)/2018.
- Allbach B., Memmel M., Zeile P., Streich B., *Mobile augmented city – new methods services, real corp 2011: Change for stability: Lifecycles of cities and regions for urban analysis and urban design process by using mobile augmented reality*.
- Alshawi S., *Logistics in the Internet age: Towards a holistic information and processes picture*, "Logistics Information Management", 14/2001.
- Ameri A.E., Akan B., Çürüklü B., *Augmented reality meets industry: Interactive robot programming*, Proceedings of SIGRAD 2010: Content Aggregation and Visualization, November 25-26, 2010, Västerås, Sweden.
- Ariso J.M., *Is critical thinking particularly necessary when using augmented reality in knowledge society? An introductory paradox*, [w:] J.M. Ariso, *Augmented reality*, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston 2017.
- Armstrong M., *Zarządzanie zasobami ludzkimi. Strategia i działanie*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 1996.
- Astheimer P., Dai F., Göbel M., Kruse R., Müller S., Zachmann G., *Realism in virtual reality*, [w:] N.M. Thalmann, D. Thalmann, *Artificial life and virtual reality*, John Wiley & Sons Ltd. UK 1994.
- Auramo J., Aminoff A., Punakivi M., *Research agenda for e-business logistics based on professional opinions*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 32/2002.
- Bakici T., Almirall E., Wareham J., *A smart city initiative: The case of Barcelona*, "Journal of the Knowledge Economy", 4(2)/2013.
- Bamodu O., Ye X., *Virtual reality and virtual reality system components*, Proceedings of the 2nd International Conference On Systems Engineering and Modeling (ICSEM-13), France, 2013.
- Banasiak A., *Podstawy zarządzania organizacjami*, [w:] Ł. Sułkowski, J. Sokołowski, *Metody zarządzania współczesnym przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Łódź-Warszawa 2015.
- Banerjee A., Halambi A., Sharda B., *A decision support system for integrating real-time manufacturing control with virtual environment*, [w:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004.
- Baraniecka A., *Rozwój ekologicznych łańcuchów dostaw jako skutek kryzysów: ekonomicznego i środowiskowego*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 383/2015.
- Baratoff G., Regenbracht H., *Developing and applying AR technology in design, production, service and training*, [w:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004.
- Bartali E., Bin Abd.Rahim M.H., Parhizkar B., Gebril Z.M., *Effective of augmented reality (AR) in marketing communication; A case study on brand interactive advertising*, "International Journal of Management and Applied Science", 2(4)/2016.
- Bartczak K., *Analiza kosztów ponoszonych w związku z realizacją procesów logistycznych*, „Logistyka”, 4/2015.
- Baudrillard J., *Precesja symulacji*, przeł. T. Komendant, [w:] *Postmodernizm. Antologia przekładów*, Kraków 1997.
- Beaudouin-Lafon M., *Instrumental interaction: An interaction model for designing post-wimp user interfaces*, CHI '00: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, ACM, 2000.

- Beier F.J., Rutkowski K., *Logistyka*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 1995.
- Betch P., *Analiza kosztów procesów logistycznych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 472/2017.
- Bendkowski J., *Logistyka jako strategia zarządzania przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 63/2013.
- Berbeka J., *Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 303/2016.
- Bezegová E., Ledgard M.A., Molemaker R.J., Oberč B.P., Vigkos A., *Virtual reality and its potential for Europe*, Brussels, Lausanne, May 2017.
- Bielawa A., *Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego”, 21/2011.
- Bielecki M., Hanczak M., Skoczylas A., *Wybrane aspekty logistycznej sprawności produktu jako źródła wartości dodanej – wyniki badań*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- Bimber O., Raskar R., *Spatial augmented reality merging real and virtual worlds*, AK Peters, Ltd. 2004.
- Biniasz D., Majer M., *System magazynowania w logistyce – studium przypadku*, „Logistyka”, 6/2014.
- Biniasz D., *Rola i funkcje transportu wewnętrznego małych przedsiębiorstw produkcyjnych - studium przypadku*, „Logistyka”, 3/2012.
- Bitkowska A., *Od klasycznego do zintegrowanego zarządzania procesami w organizacjach*, C.H. Beck, Warszawa 2019.
- Blaik P., *Efektywność logistyki. Aspekt systemowy i zarządczy*, PWE, Warszawa 2015.
- Blaik P., *Logistyka*, PWE, Warszawa 2004.
- Blaik P., *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*, PWE, Warszawa 2010.
- Boeing, *Boeing tests augmented reality in the factory*, January 2018, <https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page> (16.05.2020).
- Bondecka-Krzykowska I., *Uwagi na temat ontologii wirtualnej rzeczywistości*, „Filozofia Nauki”, 20(4)/2012.
- Bourlakis M., Bourlakis C., *Integrating logistics and information technology strategies for sustainable competitive advantage*, „Journal of Enterprise Information Management”, 19/2006.
- Bowersox D.J., Closs D.J., *Logistical management: The integrate supply chain management*, McGraw-Hill, London 1996.
- Brdulak H., *Innowacyjność w usługach logistycznych*, [w:] T. Janiak, J. Ogródowczyk (red.), *Logistyka wobec nowych wyzwań*, ILiM, Poznań 2010.
- Bril J., Łukasik Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 19(9)/2012.
- Bril J., Łukasik Z., *Metody zarządzania zapasami*, „Autobusy”, 3/2013.
- Brzozowska A., Ziora L., Sałek R., Wiśniewska-Sałek A., *The possibilities of big data solutions application in logistics*, MultiScience – XXX, MicroCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc, Hungary, 21-22 April 2016.
- Bujak A., *Współczesna logistyka i jej wyzwania*, „Zeszyty Naukowe WSOWL”, 3(145) /2007.
- Bujak A., Gębczyńska A., Miler R., *Współczesna logistyka – obszary i kierunki przekształceń*, „Logistyka”, 3/2014.
- Bujak A., *Innowacyjność i innowacyjne rozwiązania w logistyce*, „Logistyka”, 2/2011.
- Bukała B., Tereszkievicz K., *Rzeczywistość rozszerzona – innowacyjna technologia XXI wieku*, „Logistyka”, 4/2015.
- Bukowski L., *Miejsce logistyki w naukach stosowanych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie”, 103/2017.
- Bukowski L., *Problemy przetwarzania informacji logistycznych w zintegrowanych systemach produkcyjnych*, [w:] *Wybrane zagadnienia logistyki stosowanej*, Materiały VII Konferencji Logistyki Stosowanej – Total Logistic Management, Oficyna Wydawnicza TEST, Kraków 2004.
- Burdea G.C., Coiffet P., *Virtual reality technology*, 2nd edition, 2003.
- Caricato P., Colizzi L., Gnoni M.G., Grieco A., Guerrieri A., Lanzilotto A., *Augmented reality applications in manufacturing: A multi-criteria decision model for performance analysis*, Proceedings of the 19th

- World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa, August 24-29, 2014, "IFAC Proceedings Volumes", 47(3)/2014.
- Carmigniani J., Fuhrst B., *Augmented reality: An overview*, [w:] B. Fuhrst (ed.), *Handbook of augmented reality*, Springer Science + Business Media, LLC 2011.
- Chalmers D.J., *The virtual and the real*, "Disputatio", 9(46)/2017.
- Champney R., Lackey S.J., Stanney K., Quinn S., *Augmented reality training of military tasks: Reactions from subject matter experts*, International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality, VAMR 2015: Virtual, Augmented and Mixed Reality, Springer 2015.
- Chang H.Y., Wu H.K., H Y.S., *Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of socioscientific issue*, "British Journal of Educational Technology", 44(3)/2013.
- Chapman R.L., Soosay C., Kandampully J., *Innovation in logistic services and the new business model: A conceptual framework*, "Manag. Serv. Qual. Int. J.", 12/2002.
- Chatzopoulos D., Bermejo C., Huang Z., Hui P., *Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go*, "IEEE Access", 5/2017.
- Chen M., Mao S., Zhang Y., Leung V., *Big data related technologies, challenges and future prospects*, Springer Briefs in Computer Science, Springer, London 2014.
- Chmielecki M., *Umiejętności i kompetencje kadry zarządzającej w logistyce*, [w:] K. Kolasińska-Morawska, *Zarządzanie logistyczne*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XIII, z. 16.
- Chow H.K., Choy K.L., Lee W.B., Chan F.T., *Integration of web-based and RFID technology in visualizing logistics operations – A case study*, "Supply Chain Management", 12/2017.
- Christopher M., *Logistics & supply chain management*, 2011.
- Christopher M., *Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 2003.
- Ciesielski M., *Podstawy wiedzy o logistyce*, AE, Poznań 2004.
- Cieśliński W., *Podejście procesowe w zarządzaniu małą firmą*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009.
- Ciesielski M., Łupicka A., Zimniewicz Sz., *Teoretyczne podstawy logistyki* [w:] M. Ciesielski (red.), *Podstawy wiedzy logistycznej*, AE, Poznań 2004.
- Cirulis A., Ginters E., *Augmented reality in logistics*, ICTE in Regional Development, December 2013, Valmiera, Latvia, "Procedia Computer Science", 26/2013.
- Closs D.J., Goldsby T.J., Clinton S.R., *Information technology influences on world class logistics capability*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 27/1997.
- Colla E., Dupuis M., *Research and managerial issues on global retail competition: Carrefour/Wal-Mart*, "International Journal of Retail & Distribution Management", 30/2002.
- Costanza E., Kunz A., Fjeld M., *Mixed reality: A survey*, [w:] D. Lalanne, J. Kohlas, *Human-machine interaction*, Springer, Berlin 2009.
- Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr., *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002.
- Cyfert S., Dyduch W., Latusek-Jurczak D., Niemczyk J., Sopińska A., *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu – logika wyodrębnienia, identyfikacja modelu koncepcyjnego oraz zawartość tematyczna*, „Organizacja i Kierowanie”, 1/2014 (161).
- Czapla T., Glinkowska B. *Ekonomia finansów prawo gospodarcze. Podręcznik dla sędziów i prokuratorów*, Uniwersytet Łódzki, Wydział Zarządzania, Łódź 2015.
- Dadwal S.S., Hassan A., *The augmented reality marketing: A merger of marketing and technology in tourism*, [w:] N. Ray, *Emerging innovative marketing strategies in the tourism industry*, SCOPUS, 2015.
- Dajczak K., Sokółanko M., *Organizacja systemu dystrybucji na przykładzie Anald – Żywiec Trade S.P. z o.o. – Oddział Wejherowo*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania Politechniki Koszalińskiej”, 12/2008.
- Delfmann W., Albers S., Gehring M., *The impact of electronic commerce on logistics service providers*, "International Journal of Physical Distribution and Logistics Management", 32/2002.

- Demińska-Cyran I., Jedliński M., *Usługi logistyczne*, [w:] S. Flejterski, A. Panasiuk, J. Perenc, G. Rosa (red.), *Współczesna ekonomika usług*, PWN, Warszawa 2005.
- Deolekar D.V., Deshmukh P.M., *Case study of augmented reality applications in medical field*, "International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)", 2(4)/2018.
- Detyna B., *Zarządzanie jakością w logistyce. Koncepcje, metody i narzędzia wspomagające. Ujęcie praktyczne*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Wałbrzych 2015.
- Dieck Tom M.C., Jung T., *A theoretical model of mobile augmented reality acceptance in urban heritage tourism*, "Journal Current Issues in Tourism", 21(2)/2017.
- Digi-Capital AR/VR Analytics Platform and Augmented/Virtual Reality Report Q4 2019.
- Długosz J., *Logistyka a koncepcje zarządzania jakością*, [w:] Ciesielski M. (red.), *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*, AE, Poznań 2003.
- Długosz J., *Metody sterowania przepływami w przedsiębiorstwie*, [w:] M. Ciesielski (red.), *Instrumenty zarządzania logistycznego*, PWE, Warszawa 2006.
- Dobija M., *Rachunkowość zarządcza i controlling*, PWN, Warszawa 1999.
- Dohn K., *Organizacja procesów transportu wewnętrznego – studia przypadków*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, 70/2009.
- Drabik B., *Językowe rytuały tworzenia więzi interpersonalnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2010.
- Drabik P., Zamecznik P., *Key aspects of logistics for online store and multichannel distribution*, Proceedings of the 16th International Joint Conference: Central and Eastern Europe in the Changing Business Environment, Prague, Czech Republic, 27 May 2016.
- Drucker P.F., *Praktyka zarządzania, Nowoczesność*, AE, Kraków 1998.
- Duda A., *Charakterystyka i ocena możliwości zastosowania systemów informatycznych klasy WMS*, „Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej”, 3(15).
- Dudziak A., Stoma M., Rydzak L., *Narzędzia klasy ERP w strategii zarządzania systemem produkcyjnym*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 113/2017.
- Dyczkowska J., *Zarządzanie logistyczną obsługą klienta*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu”, 41(875), t. 2, 2015.
- Ehrmann H., *Logistik*, Ludwigshafen (Rhein), Kiehl 2003.
- Ejdys J., Kobylńska U., Lulewicz-Sas A., *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.
- Elbert R., Sarnow T., *Augmented reality in order picking – boon and bane of information (over-) availability*, [w:] W. Karwowski, T. Ahram (eds.), *Intelligent human systems integration 2019*, Springer International Publishing, 2019.
- Erdenebat M.U., Lim Y.T., Kwon K.Ch., Darkhanbaatar N., Kim N., *Waveguide-type head-mounted display system for AR application*, [w:] N. Mohamudally (ed.), *State of the art virtual reality and augmented reality know-how*, Intech Open, 2018.
- Espada J.P., Martínez O.S., García-Bustelo B.C.P., Lovelle J.M.C., *Virtual objects on the Internet of things*, "International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia", 1(4).
- Falkiewicz W., *Podejmowanie decyzji kierowniczych*, PWE, Warszawa 1971.
- Feiner S., MacIntyre B., Seligmann D., *Knowledge-based augmented reality*, "Communications of the ACM", 36(7)/1993.
- Ficoń K., *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*, Impuls Plus Consulting, Gdynia 2001.
- Flint D.J., Larsson E., Gammelgaard B., Mentzer J.T., *Logistics innovation: A customer value-oriented social process*, "Journal of Business Logistics", 26/2005.
- Frąś J., *Wybrane instrumenty pomiaru jakości usług logistycznych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 66/2014.
- Frąś J., *Zarządzanie procesem wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania nr 34, t. 1. Zarządzanie i Marketing”, 1/2013.

- Fründ J., Gausemeier J., Grafe M., Matysczok C., *Augmented reality as a new user interface for the layout planning of manufacturing systems*, [in:] S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, Springer-Verlag, London 2004.
- Fuhrmann A., Loffelmann H., Schmalstieg D., Gervautz M., *Collaborative visualization in augmented reality*, IEEE Computer Graphics and Applications, 1998.
- Galińska B., *Gospodarka magazynowa*, Difin, Warszawa 2016.
- Galińska B., Kopania J., *Zastosowanie systemu ERP w przedsiębiorstwie logistycznym*, „Autobusy”, 6/2016.
- Garbarski L., Rutkowski I., Wrzosek W., *Marketing. Punkt zwrotny nowoczesnej firmy*, wyd. II, PWE, Warszawa 2000.
- Gąsowska M.K., *System informacji jako narzędzie wspomagające zarządzanie logistyką w przedsiębiorstwie i łańcuchach dostaw*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 68/2014.
- Giaglis G.M., Minis I., Tatarakis A., Zeimpekis V., *Minimizing logistics risk through real-time vehicle routing and mobile technologies: Research to date and future trends*, “International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, 34/2004.
- Giannikas V., Lu W., Robertson B., McFarlane D., *An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies*, “International Journal of Production Economics”, 189/2017.
- Girvan C., *What is a virtual world? Definition and classification*, “Education Tech Research Development”, 66(5)/2018.
- Godzisz A., Ścibisz A., *Wpływ logistyki na konkurencyjność współczesnego przedsiębiorstwa*, „Logistyka”, 5/2013.
- Gołębska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*, PWE, Warszawa-Poznań 1999.
- Göpfert I., *Logistik: Führungskonzeption, Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und – controllings*, Vahlen, München 2005.
- Graham H.T., Bennet R., *Human resources management*, The M+E Handbook Series: Business, London 1995.
- Grajewski P., *Procesowe zarządzanie organizacją*, PWE, Warszawa 2012.
- Green S., Chen X., Billingham M., Chase J.G., *Human robot collaboration: An augmented reality approach a literature review and analysis*, “International Journal of Advanced Robotic Systems”, 5(1)/2008.
- Grębowiec M., *Systemy informacyjne i ich zastosowanie w logistyce produktów żywnościowych*, „Logistyka”, 4/2012.
- Griffin R.W., *Podstawy zarządzania organizacjami*, PWN, Warszawa 1997.
- Gudanowska A.E., *Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Economy and Management”, 4/2010.
- Gunasekaran A., Ngai E.W.T., *The successful management of a small logistics company*, “International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, 33/2003.
- Harasim W., Dziwulski J., *Logistyczna obsługa klienta i jej znaczenie z perspektywy strategii organizacji*, [w:] W. Harasim (red.), *Determinanty nowoczesnego zarządzania*, Wyższa Szkoła Promocji, Mediów i Show Businessu, Warszawa 2018.
- Hedley N.R., Billingham M., Postner L., May R., Kato H., *Explorations in the use of augmented reality for geographic visualization*, “Presence”, 11(2)/2002.
- Heim M., *The metaphysics of virtual reality*, Oxford University Press, 1993.
- Ho-Gun H., Hong J., *Augmented reality in medicine*, Hanyang Medical Reviews, Hanyang University College of Medicine, Institute of Medical Science, 2016.
- https://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2019/08/CTMKT_741609_CTMKT_for_Emerging_Tech_Hype_Cycle_LargerText-1.png (4.11.2019).
- https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/vr_ecosystem_eu_report_0.pdf (4.11.2019).
- <https://jasoren.com/augmented-reality-warehouse/>.
- <https://www.mbtmag.com/home/blog/13252033/virtual-and-augmented-reality-in-manufacturing> (16.05.2020).
- <https://www.cappgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/5/2018/09/AR-and-VR-in-Operations-Report.pdf> (16.05.2020).

- <https://www.capgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/5/2018/09/AR-and-VR-in-Operations-Report.pdf> (16.05.2020).
- Hua H., Gao C., *A polarized head-mounted projective displays*, Proceedings of 2005 IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, October 2005.
- Hua H., Gao C., *Design of a bright polarized head-mounted projection display*, "Applied Optics", 46(14)/2007.
- Huey L.C., Sebastian P., Driberg M., *Augmented reality based indoor positioning navigation tool*, 2011 IEEE Conference on Open Systems (ICOS).
- Jakubczak M., *Logistyka i jej rola w rozwoju logistyki*, Bellona, Warszawa 1995.
- Janasz W., Janasz K., Prozorowicz M., Świadek A., Wiśniewska J., *Determinanty innowacyjności przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2002.
- Janczewska D., *Controlling w logistyce*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, XV, 5/2014.
- Jara C.A., Candelas F.A., Gil P., Fernández M., Torres F., *An augmented reality interface for training robotics through the web*, Proceedings of the 40th International Symposium on Robotics, Barcelona 2009.
- Jemielniak D., Latusek D., *Zarządzanie – teoria i praktyka od podstaw*, Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. Leona Koźmińskiego, Warszawa 2005.
- Jerald J., *The VR book. Human-centered design for virtual reality*, ACM Books Series, #8, 2015.
- Jerzyto P., Rutkowska N., Wawrzyńska A., *Zarządzanie procesami logistyki magazynowej w przedsiębiorstwie*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni”, 97/2016.
- Jezierski A., *Multiperspektywistyczne definiowanie jakości procesów logistycznych w dobie konsumenckiej*, „LogForum”, 1(2), 6/2005.
- Jokiel G., *Podejście procesowe w zarządzaniu – geneza i kierunki rozwoju koncepcji*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009.
- Jonak J., Nieoczym A., *Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania*, Politechnika Lubelska, Lublin 2014.
- Jonsson P., Mattsson S.A., *Logistik: läran om effektiva materialflöden*, 2005.
- Kalkofen D., Sandor Ch., White S., Schmalstieg D., *Visualization techniques for augmented reality*, [w:] B. Furht, *Handbook of augmented reality*, Springer 2011.
- Karaszewski R., *Zarządzanie jakością. Koncepcje, metody i narzędzia stosowane przez liderów światowego biznesu*, TNOiK, Toruń 2005.
- Kaufmann H., Csisinko M., *Multiple head mounted displays in virtual and augmented reality applications*, "The International Journal of Virtual Reality", 6(2)/2007.
- Kempny D., *Obsługa logistyczna*, AE, Katowice 2008.
- Kęsy M., *Poszerzona rzeczywistość w praktyce inżynierskiej oraz kształceniu technicznym*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, 2(16)/2016.
- Kim C., Yang K.H., Kim J., *A strategy for third-party logistics systems: A case analysis using the blue ocean strategy*, "Omega", 36/2008.
- Kleweno C.P., Seibel E.J., Viirre E.S., Kelly J.P., Furness T.A. III, *The virtual retinal display as a low-vision computer interface: A pilot study*, "Journal of Rehabilitation Research and Development", 38(4)/2001.
- Kłak M., *Zarządzanie wiedzą we współczesnym przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomii i Prawa im. prof. Edwarda Lipińskiego w Kielcach, Kielce 2010.
- Koceski S., Koceska N., *Collaborative augmented reality (AR) mobile phone game for co-located players*, [w:] L. Kocarev, *ICT Innovations*, 2011.
- Koh S.L., Gunasekaran, A., *A knowledge management approach for managing uncertainty in manufacturing*, "Ind. Management Data Systems", 106/2006.
- Kokot-Stępień P., *Zarządzanie innowacjami jako źródło konkurencyjności małych i średnich przedsiębiorstw*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 114/2017.
- Kolińska K., Cudziło M., *Comparison of logistics indicators as a way of improving efficiency of supply chains*, "Research in Logistics & Production", 1(4)/2014.
- Konik R., *Między przedmiotem a przedstawieniem. Filozoficzna analiza sposobów obrazowania w oparciu o malarstwo, fotografię i obrazy syntetyczne*, Oficyna Wydawnicza ATUT, Wrocław 2013.

- Korcza J., *Inżynieria procesów logistycznych*, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2013.
- Kortschak B.H., *Co to jest logistyka?*, Wydawnictwo Austriackiej Federalnej Izby Gospodarczej, Wiedeń 1992.
- Korzeń Z., *Ekologistyka*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2001.
- Kosiorek D., *Jakość w teorii i praktyce zarządzania organizacjami*, „Zarządzanie i Finanse”, 1(1)/2013.
- Kościelniak H., *Innowacje otwarte w strategiach rozwoju przedsiębiorstw – wyniki badań empirycznych*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie”, 2/2019.
- Kot S., *Podstawy zarządzania łańcuchem dostaw*, [w:] S. Kot, M. Starostka-Patyk, D. Krzywda, *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
- Kot S., Starostka-Patyk M., *Systemy informatyczne wspomagające współpracę w łańcuchach dostaw*, [w:] S. Kot, M. Starostka-Patyk, D. Krzywda, *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
- Kotler P., *Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola*, Gebethner & Ska, Warszawa 1994.
- Kowalczyk L., *Logistyka zaopatrzenia jako element infrastruktury logistycznej w gastronomii na wybranym przykładzie*, „Journal of Translogistics”, 2015.
- Koźlak M., Kurzeja A., Nawrat A., *Virtual reality simulation technology for military and industry training programs skill improvement and trainings programs*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe”, 2(35)/2014.
- Koźlak M., Kurzeja A., Nawrat A., *Virtual reality technology for military and industry training programs*, [w:] A. Nawrat, Z. Kuś, *Vision based systems for UAV applications*.
- Koźmiński A.K., Piotrowski W., *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa 2000.
- Kramarz W., Zaczek M., *Niezawodność systemu logistycznego w kontekście wzrostu sieciowości łańcucha dostaw*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 217/2015.
- Krawczyk S., *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001.
- Kritikos J., Stavroula P., Zoitaki Ch., Douloudi M., Koutsouris D., *Full body immersive virtual reality system with motion recognition camera targeting the treatment of spider phobia*, Proceedings Pervasive Computing Paradigms for Mental Health, 9th International Conference, MindCare 2019, Buenos Aires, Argentina, April 2019, Springer 2019.
- Krupa M., *Rola zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP w kształtowaniu kultury organizacyjnej. Pomiędzy kulturą konstruktywną a technopatologią*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance”, 14(3), 1/2016.
- Krupski R., *Podstawy organizacji i zarządzania*, Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, „Prace Naukowe nr 1. Zarządzanie i Marketing”, Wałbrzych 2004.
- Krystek J., Alszer S., *Analysis and simulation of internal transport in the high storage warehouse*, [w:] D. Mazur, M. Gołębiowski, M. Korkosz, *Analysis and simulation of electrical and computer systems*, Springer, 2018.
- Kryśkiewicz Ł., *Uwarunkowania w zarządzaniu innowacjami w kształtowaniu sukcesu przedsiębiorstwa*, Organizacja i kierowanie nr 1/2018 (180).
- Kubański M., Bylinko L., Owsiak D., *Jakość w logistyce – krótka charakterystyka*, „Logistyka”, 5/2012.
- Kufel M., *Koszty przepływu materiałów w przedsiębiorstwach przemysłowych*, AE, Wrocław 1990.
- Lai F., Li D., Wang Q., Zhao X., *The information technology capability of third-party logistics providers: A resource-based view and empirical evidence from China*, „Journal Supply Chain Management”, 44/2008.
- Latała D., *Charakterystyka systemu klasy ERP. Organizacja i zarządzanie*, „Autobusy”, 6/2018.
- Lavalle S.M., *Virtual reality*, Cambridge University Press, 2019.
- Lazaris C., Vrechopoulos A., *From multi-channel to “omnichannel” retailing: Review of the literature and calls for research*, Proceedings of the 2nd International Conference on Contemporary Marketing Issues, Athens, Greece, 18-20 June 2014.
- Lech P., *Zintegrowane systemu zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie*, Difin, Warszawa 2003.
- Lee K., *Augmented reality in education and training*, „TechTrends”, 56(2)/2012.

- Lewis I., Talalayevsky A., *Third-party logistics: Leveraging information technology*, "Journal of Business Logistics", 21/2000.
- Li J., van der Spek E.D., Feijs L., Wang F., Hu J., *Augmented reality games for learning: A literature review*, [w:] N. Streitz, P. Markopoulos, *Distributed, ambient and pervasive interactions*, Springer, 2017.
- Lim D., Palvia P.C., *EDI in strategic supply chain: Impact on customer service*, "International Journal of Information Management", 21/2001.
- Livingston M.A., Brown D., Gabbard J.L., Rosenblum L.J., Baillot Y., Julier S.J., Swan J.E. II, Hix D., *An augmented reality system for military operations in urban terrain*, Proceedings of the Interservice, Industry Training, Simulation, & Education Conference (IIITSEC '02), Orlando, FL, December 2-5 2002.
- Liwowski B., Kozłowski R., *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006.
- Lv Z., Yin T., Zhang X., Song H., Chen G., *Virtual reality smart city based on WebVRGIS*, "IEEE Internet of Things Journal", 3(6)/2016.
- Lysenko-Ryba K., *Logistyka zwrotna jako źródło korzyści konkurencyjnych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 249/2015.
- Łangowska D., *Zarządzanie łańcuchem wartości w systemie logistycznym z wykorzystaniem japońskiej filozofii pracy Kaizen*, „Logistyka”, 4/2014.
- Łangowska D., *Kaizen w zarządzaniu logistyką wyjściową na przykładzie Spółki Malow w Suwałkach*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej”, 120/2018.
- Mackay W.E., *Augmenting reality: A new paradigm for interacting with computers*, World Proceedings of ECSCW'93, the European Conference on Computer Supported Cooperative Work, vol. 7, 1996.
- Mackay W.E., *Augmented reality: Linking real and virtual worlds. A new paradigm for interacting with computers*, Proceedings of AVI'98, ACM Conference on Advanced Visual Interfaces, ACM Press, New York 1998.
- Marciniak J., *Strategiczne aspekty logistyki w warunkach polskich*, „Logistyka”, 3/2012.
- Marciszewska A., *Podejście procesowe w zarządzaniu małą firmą*, [w:] S. Nowosielski, *Podejście procesowe w organizacjach*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2009.
- Martín-Gutiérrez J., Fabiani P., Benesova W., Meneses M.D., Mora C.E., *Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education*, "Computers in Human Behavior", 51/2015.
- Matulewski M., Konecka S., Fajfer P., Wojciechowski A., *Systemy logistyczne*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007.
- Matwiejczuk R., *Integracja jako kluczowy wyznacznik koncepcji logistyki*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 26/2017.
- Maśloch P., *Logistyka i jej rozwój na przestrzeni lat – od koncepcji cesarza Leontosa VI do wsparcia logistycznego operacji „Pustynna Burza”*, „Zeszyty Naukowe Logistyka i Transport”, 1/2005.
- Mazur A., Gołaś H., *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- Mekni M., Lemieux A., *Augmented reality: Applications, challenges and future trends*, *Applied computational science*, Proceedings of the 13-th International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science (ACACOS'14), Kuala Lumpur 2014.
- Mengoni M., Ceccacci S., Generosi A., Leopardi A., *Spatial Augmented Reality: An application for human work in smart manufacturing environment*, 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018).
- Merlino M., Sproge I., *The augmented supply chain*, 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016, 19-22 October, 2016, Riga, Latvia, "Procedia Engineering", 178/2017.
- Mesjasz-Lech A., *Efektywność przedsięwzięć z zakresu gospodarki odpadami jako element oceny działań zmierzających do zrównoważonego rozwoju kraju*, „Ekonomia i Środowisko”, 3(46)/2013.
- Michalik J., Surowiec D., *Charakterystyka gospodarki magazynowej w wybranym przedsiębiorstwie przemysłowym*, „Logistyka”, 6/2012.
- Michalik J., Budzik R., *Procesy magazynowe w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Logistyka”, 2/2011.

- Migalski G., *Zarządzanie zapasami w małym przedsiębiorstwie*, „Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Finanse. Bankowość. Rachunkowość”, t. 2, 1059/2005.
- Milewska E., *Wykorzystanie narzędzi informatycznych wspomagających kalkulację JKW w rozliczeniu kosztów logistycznych*, „Logistyka”, 6/2016.
- Milgram P., Kishino F., *A taxonomy of mixed reality visual displays*, „IEEE Trans. Inf. & Syst.”, E77-D, (12)/1994.
- Miłaszewicz B., Wengel M., Kłapsia P., *Wskaźnikowa ocena funkcjonowania logistyki dystrybucji*, „Logistyka”, 6/2015.
- Miranda de F.R., Tori R., Bueno C.E.S., Trias L.P., *Designing and implementing an spatial augmented reality X-ray*, „RITA”, 15(3)/2008.
- Mohamad A.N., Bakri N.N., Shahibi M.S., Noordin S.A., Rahman S.A., Izhar T.A.T., Baharuddin M.F., *Conceptualising mobile augmented reality (MAR) and e-learning to enhance library wayfinding*, „Advanced Science Letters”, 23(5)/2017.
- Möller A., Kranz M., Diewald S., Roalter L., Huitl R., Stockinger T., Koelle M., Lindemann P.A., *Experimental evaluation of user interfaces for visual indoor navigation*, Conference: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems at Toronto, ON, Canada 2014.
- Mroczko F., *Logistyka*, „Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości. Seria: Zarządzanie”, Wałbrzych 2016.
- Mueck B., Höwer M., Franke W., Dangelmaier W., *Augmented reality applications for warehouse logistics*, [w:] A. Abraham, Y. Dote, T. Furuhashi, M. Köppen, A. Ohuchi, Y. Ohsawa, *Soft computing as transdisciplinary science and technology*, Springer, 2005.
- Nee A.Y.C., Ong S.K., *Virtual and augmented reality applications in manufacturing*, 7-th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, International Federation of Automatic Control, Saint Petersburg 2013.
- Niedzielski P., Rychlik K., *Innowacje w sektorze produkcyjnym i usługowym – odmienność czy podobieństwo?*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, 8(453)/2007.
- Novak-Marcincin J., Barna J., Janak M., Novakova-Marcincinova L., *Augmented reality aided manufacturing*, 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, „Procedia Computer Science”, 25/2013.
- Nowakowska A., *Rola narzędzi zarządzania przepływem informacji w logistyce i tworzeniu wartości przedsiębiorstwa*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 46/2011.
- Nowakowska-Grunt J., *Strategie przedsiębiorstw na rynku usług logistycznych w Polsce i Europie*, „Logistyka”, 5/2011.
- Nowik M., *Big Data innowacją w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*, [w:] U. Motowidlak, D. Wronkowski, A. Reńda (red.), *Różne oblicza logistyki, zbiór prac studentów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2018.
- Nowodźiński P., *Strategiczne aspekty kreowania łańcucha wartości przedsiębiorstwa w kontekście procesów logistycznych*, „Logistyka”, 4/2010.
- Nowotyńska I., Kut S., Krauz M., *Internal transport as an integral part of logistics in production. Part 1*, „Autobusy”, 12/2017.
- Odlanicka-Poczobutt M., Kulińska E., *Usprawnienia w obszarze logistyki produkcji w przedsiębiorstwach branży krawieckiej*, „Logistyka”, 4/2014.
- Oláh J., Karmazin G., Peto K., Popp J., *Information technology developments of logistics service providers in Hungary*, „International Journal of Logistics Research and Applications”, 21/2018.
- Olavarrieta S., Ellinger A.E., *Resource-based theory and strategic logistics research*, „International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, 27/1997.
- Onyesolu M.O., Eze F.U., *Understanding virtual reality technology: Advances and applications, advances in computer science and engineering*, Matthias Schmidt, IntechOpen, DOI: 10.5772/15529, <https://www.intechopen.com/books/advances-in-computer-science-and-engineering/understanding-virtual-reality-technology-advances-and-applications>.

- Orlosky J., Kiyokawa K., Takemura H., *Virtual and augmented reality on the 5G highway*, "Journal of Information Processing", 25/2017.
- Ortiz-Catalan M., Gudmundsdottir R.A., Kristoffersen M.B., Echavarria A.Z., Caine-Winterberger K., Kulbaca-Ortiz K., Widehammar C., Eriksson K., Stockselius A., Ragnö Ch., Pihlar Z., Burger H., Hermansson L.M., *Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: A single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain*, "The Lancet", 388/2016.
- Ostrowicki M., *Od gier wideo do światów wirtualnych*, „Filozofuj!”, 6(12)/2016.
- Osumi M., Ichinose A., Sumitani M., Wake N., Sano Y., Yozu A., Kumagaya S., Kuniyoshi Y., Morioka S., *Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorehabilitation with a virtual reality system*, "Eur J Pain", 21/2017.
- Othman R., Sze Voon W., *Logistics performance analysis and improvement: A case study of a building materials company*, "Global Business and Management Research: An International Journal", 10(1)/2018.
- Pabian A., *Zrównoważone zarządzanie zasobami ludzkimi – zarys problematyki*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 17/2015.
- Pałęga M., Staniewska E., *Zastosowanie karty Kanban w przedsiębiorstwie przemysłowym*, „Logistyka”, 6/2012.
- Pałęga M., Knapiński M., Kulma W., *Uwarunkowania wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie na przykładzie wprowadzania zmian w obszarze zarządzania bezpieczeństwem informacji*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom I*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016.
- Park M., Lim K.J., Seo M.K., Jung S.J., Lee K.H., *Spatial augmented reality for product appearance design evaluation*, "Journal of Computational Design and Engineering", 2/2015.
- Perechuda K., *Metody zarządzania przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 1999.
- Perechuda K. (red.), *Zarządzanie przedsiębiorstwem przyszłości. Koncepcje, modele, metody. Formy i narzędzia skutecznego zarządzania przedsiębiorstwem*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2000.
- Piasecka- Głuszak A., *Lean Management w logistyce wewnętrznej przedsiębiorstw na rynku polskim – wyniki badań ankietowych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 249/2015.
- Pietrzak P., *Specyfika i wdrożenie magazynowego systemu informatycznego (WMS) na gruncie polskich przedsiębiorstw*, „Logistyka”, 2/2012.
- Piocha S., Dyczkowska J., *Zarządzanie łańcuchem dostaw – logistyka zaopatrzenia*, „Logistyka – Nauka”, 5/2012.
- Plinta D., Dulina L., *Kształtowanie systemów produkcyjnych z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom 2*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2018.
- Polska Norma PN-EN ISO 9000:2006 System zarządzania jakością. Podstawy i terminologia, PKN, Warszawa 2006.
- Radziejowska G., *Aspekty logistyczne w zarządzaniu realizacją zamówień na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 60/2012.
- Radziejowska G., *Koncepcja logistyczna zaopatrzenia jako determinanta zarządzania materiałami w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 63/2013.
- Rauschnabel P.A., Brem A., Ro Y.K., *Augmented reality smart glasses: Definition, conceptual insights, and managerial importance*, [w:] T. Jung, M.C. Tom Dieck, *Augmented reality and virtual reality. Empowering human, place and business*, Springer International, 2018.
- Rauschnabel P.A., Felix R., Hinsch Ch., *Augmented reality marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration*, "Journal of Retailing and Consumer Service", 49/2019.
- Rauschnabel P.A., Ro Y.K., *Augmented reality smart glasses: An investigation of technology acceptance drivers*, "International Journal of Technology Marketing", 11(2)/2016.

- Reif R., Günthner W.A., *Pick-by-vision: Augmented reality supported order picking*, "The Visual Computer", 25(5)/2009.
- Reif R., Walch W., *Augmented & virtual reality applications in the field of logistics*, "TVC", 24/2008.
- Reitmayer G., Schmalstieg D., *Collaborative augmented reality for outdoor navigation and information browsing*, Proceedings of the 2nd Symposium on Location Based Services and TeleCartography, 2003.
- Rentzos L., Papanastasiou S., Papakostas N., Chrysosolouris G., *Augmented reality for human-based assembly: Using product and process semantics*, 12-th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human – Machine Systems, Las Vegas 2013.
- Rohacz A., Strassburger S., *Augmented reality in intralogistics planning of the automotive industry, state of the art and practical recommendations for applications*, 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), Tokyo 2019.
- Rojek T., *Koncepcja łańcucha wartości w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 66/2014.
- Rolland J.P., Biocca F., Hamza-Lup F., Ha Y., Martins R., *Development of head-mounted projection displays for distributed, collaborative, augmented reality applications*, "Presence, Virtual and Augmented Reality", 14(5)/2005.
- Rostek M., Knosala R., *Koncepcja oceny wpływu działań logistycznych na produktywność w przedsiębiorstwie*, [w:] R. Konsala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Wydawnictwo PTZP, Opole 2013.
- Rubio-Tamayo J.L., Barrio M.G., García F.G., *Immersive environments and virtual reality: Systematic Review and advances in communication, interaction and simulation*, "Multimodal Technologies and Interact", 1(21)/2017.
- Rutner S.M., Gibson B.J., Vitasek K.L., Gustin C.G., *Is Technology Filling the Information Gap?*, "Supply Chain Management Review", 2001.
- Rychtowski S., *Zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania innowacyjności a sytuacja przedsiębiorstw w Polsce*, „Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu”, 1045.
- Rzeczyński B., *Logistyka miejska*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.
- Safjanowski T., *Od fikcji literackiej do praktyki artystycznej. Cyberpunkowe wizje rzeczywistości wirtualnej*, „Dyskurs. Pismo Naukowo-Artystyczne ASP we Wrocławiu”, 23/ 2017.
- Sato K., *Osiem podstawowych zasad japońskiego stylu zarządzania*, „Problemy Jakości”, 7/1998.
- Schmalstieg D., Höllerer T., *Augmented reality. Principles and practice*, Addison-Wesley Professional, Boston 2016.
- Schwerdtfeger B., Reif R., Günthner W.A., Klinker G., Hamacher D., Schega L., Bockelmann I., Doil F., Tumler J., *Pick-by-vision: A first stress test*, 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2009.
- Segovias D., Mendozaa M., Mendozaa E., Gonzálezb E., *Augmented reality as a tool for production and quality monitoring*, 2015 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, "Procedia Computer Science", 75/2015.
- Shahrbanian S., Ma X., Aghaei N., Korner-Bitensky N., Moshiri K., Simmonds M.J., *Use of virtual reality (immersive vs. non immersive) for pain management in children and adults: A systematic review of evidence from randomized controlled trials*, "European Journal of Experimental Biology", 2(5)/2012.
- Siltanen S., *Theory and applications of marker-based augmented reality*, Julkaisija – Utgivare, Kuopio 2012.
- Silva R., Oliveira J.C., Giraldo G.A., *Introduction to Augmented reality*, Technical Report: 25/2003, LNCC, Brazil.
- Sirakaya M., Cakmak E.K., *Effects of augmented reality on student achievement and self-efficacy in vocational education and training*, "International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET)", 5(1)/2018.
- Sitko W., Mieszajkina E., *Zarządzanie logistyczne w małych przedsiębiorstwach*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 99/2016.
- Skoczylas K., *Rachunkowość a zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwie handlowym*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 803. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, 32/2011.

- Skowronek Cz., Sarjusz Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, wyd. III, PWE, Warszawa 2003.
- Smolnik P., *Jakość logistycznej obsługi klienta na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa*, „Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 7, 6/2016.
- Sobotka A., *Zarządzanie logistyczne w przedsięwzięciach budowlanych*, „Górnictwo i Geoinżynieria”, 3(1)/2005.
- Sołtysik-Piorunkiewicz A., *Projektowanie logistycznych systemów informatycznych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 128/2013.
- Sopińska A., *Procesowa organizacja przedsiębiorstwa*, [w:] M. Romanowska, M. Trocki (red.), *Procesowe podejście w zarządzaniu TQM*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2004.
- Speicher M., Hall B.D., Nebeling M., *What is mixed reality?*, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings (CHI 2019), May 4-9, Glasgow 2019.
- Steinicke F., *Being really virtual. Immersive natives and the future of virtual reality*, Springer, Cham, 2016.
- Sułkowski Ł., *Interdyscyplinarność logistyki*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, XIII(16)/2012.
- Sułkowski Ł., Morawski P., *Obsługa klienta w procesach zarządzania logistycznego*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, XV(5)/2014.
- Sylwestrzak P., Szkutnik J., *Augmented reality as a crucial element in modern electric distribution company*, Proceedings of the 2019 20TH International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE).
- Sylwestrzak P., Szkutnik J., *Rzeczywistość rozszerzona jako istotny element innowacyjności w działalności zarządczej i operacyjnej przedsiębiorstw dystrybucji energii elektrycznej*, „Rynek Energii”, 1(140)/2019.
- Sypa Z., *Kanały dystrybucji, kształtowanie relacji*, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2008.
- Szajna A., Szajna J., Stryjski R., Sasiadek M., Woźniak W., *The application of augmented reality technology in the production processes*, [w:] A. Burduk, E. Chlebus, T. Nowakowski, A. Tubis, *Intelligent systems in production engineering and maintenance*, Springer 2019.
- Szajt M., *Działalność badawczo-rozwojowa w kształtowaniu aktywności innowacyjnej w Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010.
- Szczepańska K., *Zarządzanie jakością. W dążeniu do doskonałości*, C.H. Beck, Warszawa 2011.
- Szkoda M., *Realizacja procesów logistyki zaopatrzenia z zastosowaniem systemu SAP ERP*, „Logistyka”, 6/2014.
- Szuster M., Szymczak M., *Innovation, knowledge and information management in supply chains*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Ekonomia i Zarządzanie”, 1/2016.
- Szydlowski C., *Bezpieczeństwo informacji w logistyce*, „Acta Scientifica Academiae Ostroviensis. Sectio A, Nauki Humanistyczne, Społeczne i Techniczne”, 5(1)/2011.
- Szymańska A.I., *Innowacyjność produktowa przedsiębiorstw produkcyjnych a preferencje konsumentów*, „Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego”, 20/2012.
- Szymański P., *Podstawy teoretyczne zarządzania majątkiem obrotowym*, Wydawnictwo Petros, Łódź 2007.
- Szymonik A., *Informatyka dla potrzeb logistyka (I)*, Difin, Warszawa 2015.
- Szymonik A., *Logistyka produkcji: procesy, systemy, organizacja*, Difin, Warszawa 2012.
- Śliżewska J., Zadrozna D., *Organizowanie i monitorowanie dystrybucji*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Sp. z o.o., Warszawa 2014.
- Ślusarczyk B., *Wspieranie konkurencyjności polskiego przemysłu w świetle założeń nowej polityki przemysłowej*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, 22/2016.
- Świerczek A., *Koncepcja zarządzania procesami logistycznymi w przedsiębiorstwie*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach”, 1(2)/2006.
- Świerczek A., *Teoretyczne podstawy koncepcji zarządzania logistycznego – próba syntezy (cz. 2)*, „Logistyka”, 4/2006.
- Topolski M., *Zarządzanie inteligentnym transportem wewnętrznym poprzez komputerowe algorytmy probabilistyczne*, „Autobusy”, 6/2018.
- Tubielewicz K., Tubielewicz A., *Doskonalenie funkcjonowania łańcucha logistycznego na bazie strategicznej karty wyników*, [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Tom I*, PTZP, Opole 2016.

- Tumler J., Doil F., Mecke R., Paul G., Schenk M., Pfister E.A., Huckauf A., Bockelmann I., Roggentin A., *Mobile augmented reality in industrial applications: Approaches for solution of user-related issues*, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008.
- Unlod J., *System informacyjny a jakościowe ujęcie informacji*, „Systemy Wspomagania Organizacji”, 2004.
- Viiire E., Pryor H., Nagata S., Furness T.A., *The virtual retinal display: A new technology for virtual reality and augmented vision in medicine*, Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality, San Diego, California, USA 1998.
- Voss C., Winograd T., Wall D.P., Washington P., Haber N., Kline A., Daniels J., Fazel A. De T. McCarthy B., Feinstein C., *Superpower glass: Delivering unobtrusive real-time social cues in wearable systems*, Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct.
- Vowels S.A., *A strategic case for RFID: An examination of Wal-Mart and its supply chain*, Proceedings of the Ninth Annual Conference of the Southern Association for Information Systems, 8-9 December, Jacksonville, FL, USA, 2006.
- Wach-Grzybowska K., *Wpływ aliansu strategicznego na kreowanie pozycji konkurencyjnej firmy w podejściu logistycznym*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, XIII, 16/2012.
- Waćkowski K., Chmielewski J.M., *Kierunki rozwoju business proces management*, „Marketing i Rynek”, 12/2018.
- Waltemate T., Gall D., Roth D., Botsch M., Latoschik M.E., *The impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response*, “IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics”, 24(4)/2018.
- Wang W., Wang F., Song W., Su S., *Application of augmented reality (AR) Technologies in inhouse logistics*, E3S Web of Conferences 145, 02018/2018, IAECST 2019.
- Waściński T., *Procesy logistyczne w zarządzaniu łańcuchem dostaw*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, nr 103. Seria: Administracja i Zarządzanie”, 30/2014.
- Wawak S., *Zarządzanie jakością, podstawy, systemy i narzędzia*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2011.
- Weeks S.R., Anderson-Barnes V.C., Tsao J.W., *Phantom limb pain: Theories and therapies*, “Neurologist”, 16/2010.
- Wendt R., *Produktywność w logistyce*, „Euro Logistics”, 3(70)/2012.
- White J., Shimdt D.C., Golparvar-Fard M., *Applications of augmented reality*, “Proceedings of the IEEE”, 102(2)/2014.
- Winiewicz-Bosy M., *Miejsce logistyki i łańcucha dostaw w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu”, 1(33)/2013.
- Witkowski K., *Internet of things, big data, industry 4.0 – innovative solutions in logistics and supply chains Management*, “Procedia Engineering”, 182/2017.
- Włodarczyk M., Janczewski J., *Zarządzanie logistyką zwrotną w usługach motoryzacyjnych*, „Przedsiębiorczość – Edukacja”, 9/2013.
- Wojciechowski Ł., Wojciechowski A., Kosmatka T., *Infrastruktura magazynowa i transportowa*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2009.
- Wolak D., Żmijewska A., *Kierunki działań poprawiające efektywność wdrażania innowacji w firmach produkcyjnych sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Ekonomia i Zarządzanie”, 2(6)/2014.
- Yu Y., Wang X., Zhong R.Y., Huang G.Q., *E-commerce logistics in supply chain management: Practice perspective*, “Procedia Cirp”, 52/2016.
- Zaczek M., *Synchronizacja procesów logistycznych w kontekście niezawodności i odporności systemu dystrybucji wyrobów hutniczych*, „Zeszyty Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie”, 89/2016.
- Zagóra-Jonszta U., *Teoria rozwoju gospodarczego i „Twórczej destrukcji” Schumpetera oraz jej aktualność*, „Optium. Studia Ekonomiczne”, 3(75)/2015.
- Zając P., *Systemy informatyczne i telematyczne w logistyce*, [w:] S. Krawczyk, *Logistyka. Teoria i praktyka. Tom 2*, Difin, Warszawa 2011.
- Zapłata S., *Ocena systemu zarządzania jakością w organizacji*, „Przegląd Organizacyjny”, 3/2003.

- Zhao H., Chen H., Wang J., Zhang R., *Augmented Reality game development and experience based on intelligent mobile phone*, "Transactions on Edutainment", XII, 2016.
- Zięba M., Ziółkowski J., *System planowania potrzeb materiałowych (MRP) w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, „Biuletyn WAt”, LXI, 3/2012.
- Zimon D., *Logistyka a koncepcje i systemy zarządzania jakością*, „Logistyka”, 5/2013.
- Zimon D., *Znaczenie jakości w zrównoważonej logistyce*, „Logistyka”, 2/2012.
- Zlatanov D.S., *Augmented reality technology*, GtSt Report no. 17 Delft, December 2002.
- Żurawska A., Kulińska E., *Koszty logistyki dystrybucji – relacja: decyzja – ryzyko – koszt*, „Logistyka”, 6/2015.

Spis rysunków

1.1.	Obszary zarządzania logistycznego	30
1.2.	Schemat zarządzania łańcuchem dostaw producenta Tier 1	35
1.3.	Dychotomia logistyki dystrybucji	41
1.4.	Schemat powiązania jakości z logistyką według normy PN-EN ISO 9001:2009	48
2.1.	<i>Stereoscopic television apparatus</i>	60
2.2.	<i>Stereoscopic-television apparatus for individual use</i>	61
2.3.	Diagram kontinuum rzeczywistość-wirtualność według P. Milgrama.....	65
2.4.	Trójkąt składników wirtualnej rzeczywistości	67
2.5.	Schemat rzeczywistości rozszerzonej	78
2.6.	Widok magazynu w ramach AR	81
3.1.	Żywoć technologii rzeczywistości rozszerzonej – cykl Gartnera, 2017 rok	116
3.2.	Żywoć technologii rzeczywistości rozszerzonej – cykl Gartnera, 2019 rok	118
3.3.	Wydatki konsumenckie na treści i aplikacje w rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (RR/ RW) na całym świecie w latach 2016-2021.....	118
3.4.	Wartość rynku rzeczywistości rozszerzonej na świecie w latach 2016-2025	119
3.5.	Wielkość globalnego rynku rozszerzonej rzeczywistości XR w 2024 roku	120
3.6.	Struktura odpowiedzi respondentów	130
3.7.	Rozmieszczenie respondentów	131
3.8.	Wiek badanych w obu grupach.....	132
3.9.	Formy własności przedsiębiorstw, w których pracują respondenci	133
3.10.	Wielkość przedsiębiorstw, w których pracują respondenci	133
3.11.	Zasięg przedsiębiorstw, w których pracują respondenci.....	134
3.12.	Branże przedsiębiorstw, w których pracują respondenci.....	134
3.13.	Świadomość respondentów dotycząca kosztów, z jakimi związane jest zastosowanie rozsze- rzonej rzeczywistości.....	135
3.14.	Zorientowanie respondentów na doskonalenie procesów logistycznych w ich przedsiębior- stwach.....	136
3.15.	Utożsamianie efektywności procesów w przedsiębiorstwie z wprowadzaniem technologii rze- czywistości rozszerzonej.....	136
3.16.	Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że nowe technologie, jak np. rzeczywistość rozszerzona, będą odpowiedzialne za redukcję zatrudnienia?”	137
3.17.	Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że wśród kompetencji przy- szłych pokoleń logistyków będzie wymagana obsługa takich technologii, jak rzeczywistość rozszerzona?”	138
3.18.	Udział osób, które wskazały magazynowanie jako obszar, w którym aplikacja rzeczywistości rozszerzonej będzie miała największy wpływ w logistyce.....	138
3.19.	Odpowiedzi respondentów na pytanie: „Który z sektorów logistyki powinien w pierwszej ko- lejności wdrażać rozszerzoną rzeczywistość?”	139
3.20.	Udział osób wskazujących na odpowiedź „zwiększająca się złożoność procesów logistycznych” jako trend, który przyspieszy wykorzystanie aplikacji rzeczywistości rozszerzonej w logistyce .	140

3.21. Udział osób, które wskazały zwiększenie efektywności siły roboczej jako najbardziej odpowiednie wyzwanie logistyczne do rozwiązania w aplikacji rzeczywistości rozszerzonej	141
3.22. Wskazane skale rozszerzonej rzeczywistości jako nośnika innowacyjności.....	142
3.23. Deklarowana znajomość różnicy pomiędzy rzeczywistością wirtualną, rzeczywistością rozszerzoną i rzeczywistością mieszaną	143
3.24. Wskazane rozwinięcia skrótu RM.....	143
3.25. Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w Europie według kwestionariuszy	151
3.26. Trafność postawionych hipotez badawczych	154
4.1. Schemat procesu zaopatrzenia linii produkcyjnej w części przy wykorzystaniu AR	159
4.2. Łańcuch wartości	163
5.1. Wydajność, jakość, bezpieczeństwo a rzeczywistość rozszerzona	174
5.2. Czynniki stymulujące innowacje	184
5.3. Schemat innowacyjnego zarządzania łańcuchem dostaw	193
5.4. Rozszerzony magazyn FIFO	204
5.5. <i>Smart Extended Management Vision</i>	205
5.6. Model oceny poziomu dojrzałości zasilania w komponenty linii produkcyjnej po wdrożeniu AR	206

Spis tabel

3.1.	Wiodące firmy VR i AR w Polsce w 2020 roku.....	121
3.2.	Charakterystyka respondentów	128
3.3.	Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od wielkości i zasięgu przedsiębiorstwa.....	144
3.4.	Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od wielkości zatrudnienia	145
3.5.	Model regresji logistycznej obrazujący zależność implementacji rzeczywistości rozszerzonej od zasięgu działalności przedsiębiorstwa	145
3.6.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia technologii rzeczywistości rozszerzonej od znajomości wdrażanej technologii	146
3.7.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci doskonalenia procesów logistycznych	146
3.8.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od rodzaju własności przedsiębiorstwa	147
3.9.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu zaopatrzenia	148
3.10.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu magazynowania.....	148
3.11.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci usprawnienia procesu kompletacji	149
3.12.	Model regresji logistycznej obrazujący uzależnienie wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej od chęci poprawy efektywności pracy pracowników.....	149
3.13.	Model regresji logistycznej obrazujący wpływ implementacji rzeczywistości rozszerzonej na postrzeganie problemu redukcji zatrudnienia w związku z wdrożeniem AR.....	150
3.14.	Model regresji logistycznej obrazujący wpływ implementacji rzeczywistości rozszerzonej na postrzeganie zwiększającej się złożoności procesów logistycznych jako trendu, który przyspieszy wykorzystywanie aplikacji AR w logistyce	150
3.15.	Zestawienie potwierdzenia realizacji hipotez badawczych	153
5.1.	Zalety i wady wykorzystania technologii rzeczywistości rozszerzonej w procesie <i>Pick by Vision</i>	175
5.2.	Przypadki wykorzystania AR w logistyce wewnętrznej	200
5.3.	Oczekiwane korzyści wynikające z wdrożenia rzeczywistości rozszerzonej w przedsiębiorstwie	206

Managing Logistic Processes in Manufacturing Companies and Augmented Reality

Abstract

In the USA, logistics was transferred from the military sector to the commercial one in the 1960s. Nevertheless, recent years have resulted in a spontaneous development of its application in European countries, as well as in the creation of a logistic company and logistics-based management concepts. A properly organized, state-of-the-art supply chain is of key importance not only for a given industry or for trade in general. In the era of globalization, logistics is an important factor when it comes to ensuring a competitive advantage of the entire economy.

Logistics, the inherent feature of which is the integration of flows and processes, plays an important role when it comes to modern management. It is mainly visible in the increasingly more important impact of logistics on changes in enterprise management system and its individual subsystems. The concept of logistics-oriented management in an enterprise covers all substantive issues related to setting the logistics goals of a given firm along with the methods of achieving such goals. It is a complex process that can be identified in many interrelated phases of the company's undertakings and that plays an increasingly important role in various enterprises. Logistics-related activities can be identified in all units of a given organization. It also has to be stated that logistics within a company is organized in the form of a system.

Processes occurring in every enterprise are closely interrelated with each other and influence the added value offered by a given firm. Their improper functioning interferes with the effective operation of the entire company, hence the importance of a proper process management, including regular monitoring and improvement. The fact that the method of managing logistics processes may not have a significant impact on costs does not necessarily mean that the management of logistics processes does not have a notable effect on the financial results of enterprises. The conducted pieces of research have proved that the impact of the efficiency of logistics processes in the form of, inter alia, good logistics-oriented servicing on customers, increasing their satisfaction and resulting in higher sales may be of a greater importance. It may happen assuming that customer service is a significant factor when it comes to a given company's competitiveness. What is more, the

efficiency of logistics-related processes impacts the effectiveness of other processes, such as production.

In practice, when it comes the management of enterprises in highly developed countries, the idea of logistics is implemented to a remarkable extent and with greater and greater outcomes. Recent years have shown the growing need to shape logistic functions and processes in terms of not only integration, but also strategy, which is reflected in the continuous evaluation of logistics processes. The necessary conditions for maintaining the market position and gaining a competitive advantage are predominantly economic operations, the reduction of logistic costs, the efficiency of logistics processes, as well as the use of modern instruments for managing said processes.

The contemporary approach to business management requires a process-based scheme. As it is in the case of the very concept of logistics or processes connected with it, management is subject to constant changes due to a continuous technological development.

The nature and objectives of logistics-related management boil down to reducing costs wherever possible, as well as conducting effective logistics process being in line with the company's strategy. While taking into account the total costs incurred by a given enterprise, not only is the share of logistics costs important, but also – the possibility of reducing them. The logistics-oriented literature emphasizes the need for the so-called holistic approach – treating the issue as an integral whole. It consists, among other, of searching for optimal solutions from the point of view of the benefits to the entire system, rather than to its individual parts.

The pace of changes contemporary in the contemporary business environment forces enterprises to constantly adapt in order not to risk losing their share on an increasingly competitive market. Nevertheless, the increasingly volatile and dynamic market in which modern enterprises operate makes the prior successful methodology of verification, evolution and continuous adaptation becoming less and less effective. There is the need to implement innovative solutions, which are revolutionary rather than evolutionary in nature. Many studies in this field have shown that innovations are closely related to the increasing efficiency and competitive position of a company on the market. The efficient functioning of logistics is largely based on the technical and organizational structure of the company and on the openness to the implementation of innovative solutions. Due to the competition on the market, enterprises are forced to use modern IT systems that comprehensively support logistics-related management processes, as well as to opt for the supervision over the entire enterprise.

In the case of logistics, there are numerous technologies that can effectively increase the efficiency of companies and help them create a competitive advantage. The most innovative ones are called virtual and augmented reality. They can be widely utilized in logistics-oriented companies. Gartner predicts that VR will become popular as early as in 2020, whereas AR-based solutions will be widely used within the next

5-10 years. It does not mean, however that there are currently no implementations that are worth looking closer at. Said technologies are already used, for example, in repair and maintenance companies, in product storage, and in logistics. Virtual and augmented reality technologies are slowly beginning to enter the business sphere as well. Over time, they will become indispensable in widely understood logistics-oriented sector. Even currently, millions of goods stored in warehouses, monitored, and shipped to customers on daily basis require the involvement of many people and the use of appropriate tools, machines, vehicles, as well as IT systems. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies turn out to be extremely useful when it comes to improving the overall workflow.

The „Augmented Reality” term pertains to a process of extending the perception of a human being by means of utilizing computer generated information. Even though the notion in question has been typically seen through the prism of action films from the 80s, it is now predicted that it may have an important impact when it comes to the development of technological and intra-logistics solutions. Warehouse managers and forklift operators may – by opting for modern devices – analyze information shown to them on special displays oriented towards presenting computer generated data.

As a result of the evolutionary perspective, after the emergence of 4.0 industry, the interest in AR technologies is expected to grow exponentially in the upcoming years. The industrial applications for augmented reality are wide. Some developed countries have already started exploring the potential of AR with regard to the future of smart factories. The usefulness of AR has been shown to significantly improve the planning of intra-logistics processes. It gives a greater flexibility while planning logistics systems and allows designers to respond more efficiently to market dynamics. For example, product designers would no longer be constrained by physical boundaries, as they would have the ability to better visualize and flexibly manipulate the three-dimensional parameters of product design in real time. In the case order realization, warehouse operators equipped with AR devices such as head-mounted displays (HMD) and smart glasses could benefit from AR visualization and improved content delivery to reduce the blind spot caused by, *inter alia*, searching for information in a mobile data terminal (MDT) or in a paper list used conventionally. In addition, augmented reality is a quantum leap when it comes manufacturing activities, as well as key factor with regard to the intelligent use of the industrial environment and next generation of advanced manufacturing solutions. Various benefits of the aforementioned approach cannot be questioned, as they include: the support for specific production tasks by ensuring proper assembly time for components and moving materials, visual advising and guidance pertaining to maintenance procedures, as well as the creation of an efficient, intuitive management and control system together with an optimal workplace for training and learning. Furthermore, AR applications include transport activities optimization and allow for engaging customers in enjoyable marketing experiences.

Even though AR offers many opportunities in the field of logistics, the incorporation of this technology into organizational processes poses many problems that undermine its widespread use and make the suitability of AR for business applications questionable. There have been only few examinations highlighting the limitations of AR technology in logistics. Pieces of research pointing to the limitations of augmented reality in logistics are therefore rather scarce. The majority of scholars who have studied AR in the context of logistics have focused on the capabilities of this technology and its impact on business processes, while at the same time neglecting the discussion on either obstacles or complexities connected with the incorporation of AR technology into the organizational structure. In order to fill said research gap and broaden the general knowledge in the field of widely understood AR, the author of this dissertation has characterized the conditions for the implementation of augmented reality in a manufacturing company.

The paper incorporates an introduction, five chapters being both theoretical and empirical in nature, as well as a summary including final remarks.

Chapter one provides the overview of the literature of the subject on the nature of both logistics and logistics-related management. It deals with the explanation of basic notions connected directly with logistics and management, specification of their importance, and discussion on the most basic elements of logistics-related management specified by scholars in the literature of the subject.

Chapter two incorporates the overview of the literature on the subject on both virtual and augmented reality. It deals with notions being closely connected to the aforementioned technologies and provides the scope of their usage.

Chapter three characterizes chosen areas of logistics in the case of which the augmented reality-based technology can be implemented. It also deals with the market of augmented reality-oriented solutions both in Poland and around the world. It also offers a comprehensive analysis of own research outcomes pertaining to the maturity of augmented reality technology in Poland and in Europe.

Chapter four discusses the concept of managing logistics-related processes by opting for augmented reality solutions. It focuses on determinants shaping the logistics-based added value chain, as well as the impact of logistics-related costs on the final cost of goods produced by a given company. The chapter also characterizes the realization of strategic logistics goals through the prism of utilization of augmented reality.

Chapter five deals with the assumptions of the model of logistics process management oriented towards the use of augmented reality. It characterizes the conditions for implementation of the aforementioned technology.

The paper analyzes data obtained from 375 surveyed enterprises, including preliminary information on the basic parameters of such enterprises, as well as data contained in the surveys, which have been the basis for the verification of the main hypothesis. The knowledge of augmented reality technology and openness to its application have been analyzed. The influence of technology on work efficiency, as well

as the knowledge of costs and determinants of said solution implementation in the enterprise have also been checked.

The study covered small, medium, and large enterprises. The respondents were managers of enterprises, logistics managers, managers of *Lean management* departments, as well as employees of said production companies. The subject of the research were production companies located in Europe. The research was carried out between 2019 and 2020.

The utilized questionnaires included questions allowing the author to gather information on:

- age, size, and the scope of the company's activity,
- knowledge on augmented reality technology, its use, and costs,
- approach to using AR technology from the point of view of technical, management and social aspects,
- openness to the process of implementing augmented reality technology,
- knowledge of augmented reality technology by future generations of logistics,
- trends affecting the use of augmented reality in logistics,

The paper incorporates a single main hypothesis: *Augmented reality influences the effectiveness of logistics processes, while at the same time creating new elements of competitiveness of a production company.*

In order to verify the main hypothesis, the following auxiliary hypotheses have been formulated:

- HS1. Implementation of augmented reality depended on the size of the company, the scope of its operation, and its age.
- HS2. Number of employed individuals is a determinant of the implementation of augmented reality.
- HS3. Scope of the company's operation is the determinant of AR implementation.
- HS4. There is a correlation between the use of augmented reality and the level of knowledge pertaining to its specificity.
- HS5. Implementation of augmented reality depended on the willingness to improve logistics-related processes.
- HS6. Implementation of augmented reality depended on the type of enterprise.
- HS7. Fact that an enterprise implemented augmented reality might have had the effect on recognizing the increased effectiveness of training as a benefit of the adoption of augmented reality during training sessions.
- HS8. Increasing complexity of logistics-related processes will accelerate the use of augmented reality.
- HS9. AR implementers knew the difference between augmented reality and mixed reality.
- HS10. Fact that an enterprise implemented augmented reality might have an impact on the perception of increasing employee safety as the most appropriate logistical challenge to solve by means of augmented reality application.

- HS11. Determinant of the implementation of augmented reality is the desire to improve the processes of procurement, storage, and order completion.
- HS12. Implementation of the augmented reality technology was caused by the desire to improve the efficiency of employees.
- HS13. Fact that an enterprise implemented augmented reality might have an impact on the perception of increasing complexity of logistics-based processes as a trend that would accelerate the scope of utilization of AR solutions.
- HS14. The fact that an augmented reality has been implemented in a given company has an impact on the perception of the problem of employment reduction in connection with the implementation of AR.
- HS15. Use of AR was connected with the use of younger workforce.
- HS16. Process of implementing augmented reality technology was dependent on the employee's gender.

Percentage distributions have been utilized to showcase the characteristics of the respondents and their answers to specific questions. The statistical significance of differences in responses provided by the two analyzed groups has been checked by using the Chi-square test or the Fisher test. Correlations between the studied variables have been specified by using regression models. Due to the fact that in all the examined cases variable have been dichotomous, logistic regression has been used. Result tables made for the models have provided the author with information on the ratio of chance for an affirmative answer for a question with which the explained variable has been connected for the reference category of the explanatory variable and the tested category. They have also provided information on whether differences in probabilities have been statistically significant.

Examination outcomes have been presented in both graphical and table-based form.

The structure of the paper and its content are results of complex theoretical and research goals that have been achieved. The theoretical part of the work has been developed on the basis of a literature review. Theoretical chapters present topics related to the concept of logistics and management systems, describe the history of virtual and augmented reality technologies, as well as familiarize the reader with their areas of application. The conditions and benefits of implementation of augmented reality have also been provided. Empirical chapters contain analyses and summaries of examinations carried out. The content of individual chapters focuses on factors and conditions aimed at the verification of hypotheses formulated.

In the case of the theoretical part, the basic method utilized has been the study of the literature of the subject with the focus being put on both primary and secondary sources. The primary sources have been survey questionnaires, whereas the secondary ones have included pieces of information taken from scientific publications. The theoretical part deals with issues related to the logistic management process ensuring a competitive position of a production company on the market by opting for an

innovative solution being the augmented reality technology. Information pertaining to said field have been systematized. Basing on theoretical considerations, the increasing role of innovative solutions in the area of logistics to reduce logistics costs and thus improve the condition of the entire production company, as well as the overall quality of a product made has been indicated. Said observation has been the subject of this dissertation.

While justifying the decision to start researching the use of augmented reality in manufacturing companies in order to improve the efficiency of logistics processes and creating new elements of competitiveness on the basis of the collected questionnaire results, it is possible to clearly indicate the need for enterprises to increase their overall competitiveness. It is obvious, as proved by the examinations carried out that workplaces perceive the growing complexity of logistics processes and the procedure of increasing workforce efficiency as determinants of the implementation of augmented reality. It is worth noting that entrepreneurs perceive augmented reality as a tool to improve employee safety, thus confirming the theoretical assumptions of human resource management that people are the most important element of every workplace.

By critically analyzing the available literature, it has been found that the approach to management changes just like it is in the case of the constantly changing market conditions. Enterprises implementing numerous innovative solutions not only have to develop work culture, but also adopt an approach towards integrated process management. The lack of integration may lead to an increase in operating costs, greater involvement of human resources, as well as competence and organization-related chaos, which – in the era of globalization and growing competition – simply cannot be afforded.

It has been noted that even though AR offers many opportunities in the field of logistics, the incorporation of this technology into organizational processes poses many problems that undermine its widespread use and make the suitability of AR for business applications questionable. Focusing on determining the right application for specific scenario may provide a satisfactory value and employee support. The main factor behind the use of augmented reality in many manufacturing companies is the curiosity and willingness to use it before the key pieces of information on the technology are obtained. Quite a common challenge for enterprises wishing to implement AR is the inability to correctly identify the area where said technology can yield greatest benefits. Identifying the appropriate case for AR implementation and testing its capabilities are included in three most important priorities for enterprises planning to implement said solution.

The evidence of the existence of enterprises using augmented reality in Poland and Europe has been the conducted survey, which has been used to determine the maturity of augmented reality technology in said areas. Among 375 respondents, 129 have confirmed the regular utilization of AR, being 34.4% of all surveyed individuals. It has been noted that the most positive responses have been received from the following

countries: Germany – 40; United Kingdom – 21; France – 19; Spain – 12; Czech Republic and Sweden – 7 each; Poland, Italy, the Netherlands, Slovenia – 4 each; Norway and Portugal – 3 each; Switzerland – 1. The distribution of enterprises using augmented reality depends on research centers and companies implementing AR. In terms of European VR and AR companies, France, Germany, Great Britain and the Netherlands are clear leaders. The increasing VR and AR-related activity in the Nordic countries (Sweden and Finland), Switzerland, Spain, Italy and – to a more limited extent – Eastern Europe (Poland and the Czech Republic) are also worth noting. Specific hot spots when it comes to VR and AR-related undertakings can be found in Paris, Laval, London, Amsterdam, Berlin, Munich, Stockholm, Zurich, and Madrid. London and Amsterdam have been creating favorable conditions for new VR and AR startups, predominantly thanks to a vibrant business environment and innovative culture.

Within the framework of the executed examinations, both the main hypothesis and the auxiliary ones have been verified.

