

Krzysztof Orłowski

krzysztof.orlowski@wat.edu.pl, nr ORCID: 0000-0003-4852-4359

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Możliwości zastosowania rozszerzonej rzeczywistości do usprawnienia procesu komisjonowania w magazynie

The possibilities of the application of augmented reality in process of commissioning in stock

W logistyce telematyka ma swoje niepodważalne zalety. Niekiedy trudno byłoby sobie wyobrazić funkcjonowanie przedsiębiorstwa bez rozwiązań telematycznych. Rozwiązania telematyczne mogą występować w każdym miejscu procesów logistycznych w różnych formach. Telematyka może utrzymywać funkcjonowanie całego przedsiębiorstwa, usprawniać pracę w magazynie, pomagać kierowcom wykonującym zlecenia transportowe, a także w codziennym sortowaniu poczty i przesyłek kurierskich. W referacie przedstawiono możliwości zastosowania rozszerzonej rzeczywistości w magazynie. Podjęto także próbę oceny zasadności zastąpienia dotychczasowych metod kompletacji towarów w magazynie poprzez wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości.

Słowa kluczowe :telematyka, rozszerzona rzeczywistość, komisjonowanie.

In today's In logistics, telematics has its indisputable advantages. Now and again, it would be difficult to imagine the functioning of an enterprise without telematics solutions. Telematics solutions can occur anywhere in logistics processes in various forms. Telematics can maintain the functioning of the whole enterprise, improve work in the warehouse, help drivers performing transport orders or, simply, support employees in the daily sorting of mail and courier parcels. The paper presents the possibilities of using augmented reality in a warehouse. An attempt was also made to assess the legitimacy of replacing the existing methods of picking goods in the warehouse by usage of the augmented reality. Key words: telematics, augmented reality, commissioning.

WSTĘP

W logistyce telematyka ma swoje niepodważalne zalety. Niekiedy trudno byłoby sobie wyobrazić funkcjonowanie przedsiębiorstwa bez rozwiązań telematycznych. Rozwiązania telematyczne mogą występować w każdym miejscu procesów logistycznych w różnych formach. Telematyka może utrzymywać funkcjonowanie całego przedsiębiorstwa, usprawniać pracę w magazynie, pomagać kierowcom wykonującym zlecenia transportowe, a także w codziennym sortowaniu poczty i przesyłek kurierskich.

Telematyka ma również powszechne zastosowanie w transporcie i inżynierii ruchu drogowego. Można stwierdzić, że każdy człowiek ma kontakt z telematyką w życiu codziennym. Chociażby jadąc do pracy czy do szkoły mija się wszelakiego rodzaju sensory, czujki, pętle indukcyjne

nawet nie zdając sobie z tego sprawy. Dane z tych czujników pozwalają na sprawne funkcjonowanie miasta.

Temat referatu został wybrany ze względu na nowe badania i postępy w dziedzinie telematyki oraz z chęci pogłębienia zainteresowań w tej dziedzinie. Telematyka jest niezwykle ważna dla przedsiębiorstw logistycznych i z tego względu zasadnym jest opisanie nowych możliwości w tym obszarze.

Celem referatu jest ocena możliwości zastosowania w logistyce jednego z rozwiązań telematycznych, a mianowicie rozszerzonej rzeczywistości.

Aby zrealizować tak postawiony cel referatu trzeba odpowiedzieć na pytanie:

Czy stosowanie rozszerzonej rzeczywistości w magazynowaniu może zastąpić dotychczasowe metody kompletacji towarów?

Rozważania prowadzone w referacie mają na celu ocenę zasadności zastąpienia dotychczasowych metod kompletacji towarów w magazynie poprzez wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości.

W pracy użyto metody badawcze, w których skład wchodzi: analiza literatury, stron internetowych i dokumentacji, analizę porównawczą, metody ilościowe, metody matematyczne.

1 KONCEPCJA ZASTOSOWANIA ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W LOGISTYCE

Rozszerzona rzeczywistość jest jedną z nowszych technologii i jedną z najszybciej rozwijanych. Każdego roku robione są postępy w tej dziedzinie. Termin rozszerzona rzeczywistość lub po angielsku (*augmented reality*), w skrócie AR, to takie rozwiązania, które łączą świat rzeczywisty, który widzi się gołym okiem, ze światem generowanym przez komputer w technice 3D lub 2D. Informacje, które są generowane najczęściej przechowywane są na serwerze zewnętrznym, więc jednostki AR zazwyczaj podłączone są do sieci Internet. Rozwiązania rozszerzonej rzeczywistości wykorzystują połączenia internetowe do łączności z serwerami, na których zapisane są niezbędne informacje do wygenerowania potrzebnych obrazów i zapewnienia danych końcowemu użytkownikowi, a także do komunikacji pomiędzy jednostkami AR.

Można stwierdzić, że rozszerzona rzeczywistość łączy ze sobą rozwiązania informatyczne i telekomunikacyjne w celu sterowania przepływem dóbr, a zatem wpasowuje się w definicję telematyki.

Dzięki rozwiązaniom rozszerzonej rzeczywistości każdy widziany przez użytkownika obiekt może być wzbogacony o wyświetlane obok niego dodatkowe informacje. AR stanowi również swojego rodzaju nowy interfejs do komunikacji użytkownika z systemem.

Działanie AR jest możliwe dzięki realizacji czterech podstawowych działań i połączeniu wyniku tych działań w sensowny sposób [4]:

1. Przechwycenie obrazu – w pierwszej kolejności rzeczywistość, która ma zostać rozszerzona musi zostać przechwycona przez kamerę lub przez urządzenia typu *see-through* jak np. okulary z wbudowanym wyświetlaczem;
2. Identyfikacja otoczenia – w drugiej kolejności obraz musi zostać przetworzony w celu określenia dokładnych pozycji, w których wirtualny obraz miałby się znajdować. Realizuje się to przez wykorzystanie markerów (tagów), systemów GPS, sensorów, podczerwieni czy laserów;
3. Przetwarzanie obrazu – w momencie gdy otoczenie jest już zidentyfikowane, pobiera się z zazwyczaj z Internetu rzeczy, które mają zostać wyświetlone;
4. Wizualizacja końcowego obrazu – łączy się obraz przechwycony z wirtualną zawartością w celu wyświetlenia integralnej całości.

Nie należy mylić pojęcia rzeczywistości rozszerzonej z rzeczywistością wirtualną (ang. virtual reality). Rzeczywistość wirtualna jest całkowicie generowana przez komputer.

2 STAN ROZWOJU ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI

W 2011 roku przychody w branży AR wyniosły niewiele ponad 181 milionów dolarów amerykańskich. Ta stosunkowo niska suma wynika z tego, że w tamtych latach technologie AR nie były traktowane poważnie przez opinię publiczną. Natomiast w 2017 roku przychody w branży wyniosły 5.2 miliarda dolarów. Na rynku pojawia się co raz więcej firm oferujących usługi AR, niekiedy wspierane przez duże korporacje takie jak Google, Canon czy też Qualcomm. W najbliższym czasie można się spodziewać znaczącej ilości sprzętu i rozwiązań wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość. Wśród rodzajów sprzętu, które są obecnie dostępne oraz przewidując oczekiwania rynku, można wyróżnić:

- urządzenia przenośne;
- stacjonarne systemy AR;
- systemy przestrzennej rozszerzonej rzeczywistości (ang. spatial augmented reality);
- wyświetlacze mocowane na głowie (ang. head-mounted displays);
- okulary AR (smart glasses);
- soczewki AR (smart lenses).

Jednym z najbardziej popularnych obszarów wykorzystania technologii AR obecnie są urządzenia przenośne. Są to np. smartfony i tablety. Urządzenia te mają co raz więcej mocy obliczeniowej, większą ilość dokładnych sensorów czy też lepsze aparaty, które pozwalają na stosowanie adekwatnie bardziej zaawansowanych rozwiązań. Stanowią dobrą i najłatwiejszą platformę do rozwoju technologii AR. Jednak pomimo ich zalet nie są to rzeczy, które można ubrać i tym samym nie uwalniają rąk użytkownika [5].

Stacjonarne systemy AR wykorzystuje się, gdy potrzebny jest duży wyświetlacz lub większa rozdzielczość w konkretnym miejscu. Przez to mogą być wyposażone w o wiele bardziej zaawansowane sensory, kamery czy inny sprzęt elektroniczny pozwalający na dokładniejszą identyfikację ludzi i otoczenia. Ponadto wyświetlacz zazwyczaj pokazuje bardziej realistyczne obrazy i nie wpływa tak bardzo na niego otoczenie, jak np. światło słoneczne [5].

Systemy przestrzennej rozszerzonej rzeczywistości SAR polegają na wyświetlaniu wirtualnego obrazu bezpośrednio na powierzchniach w rzeczywistości. Każda powierzchnia taka jak ściana, biurko, drewno czy nawet ludzkie ciało może stać się interaktywnym wyświetlaczem. Dobrym przykładem mogą być wyświetlacze HUD stosowane w np. w Toyotach Prius, które pokazano na rysunku 1. Ciągła miniaturyzacja projektorów oraz redukcja ich kosztów oraz zużycia energii pozwala razem z rozwojem projekcji 3D na zupełnie nowe możliwości interakcji. Największą zaletą tych systemów jest to, że potrafią dostarczyć dokładniejsze odzwierciedlenie rzeczywistości, gdyż wizualizacja jest wyświetlana z rzeczywistymi proporcjami i rozmiarem. Ponadto, wizualizacja może być obserwowana jednocześnie przez wielu użytkowników co pozwala na jednoczesną pracę wielu osób [6].

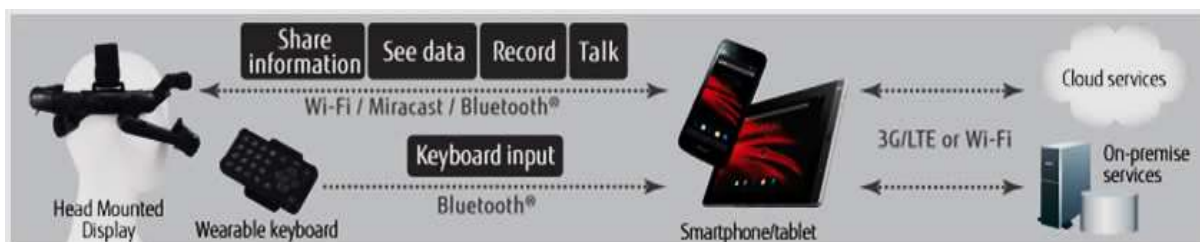


Rys. 1. Wyświetlacz HUD na bazie technologii SAR w Toyocie Prius

Źródło: <https://di-uploads-pod4.dealerinspire.com/napervilletoyota/uploads/2017/03/2017-Toyota-Prius-HUD.jpg> (23.03.2019).

Wyświetlacze montowane na głowie HMD są kolejnym szybko rozwijającym się ekwipunkiem przeznaczonym do noszenia przez użytkownika. HMD składa się z pewnego

rodzaju mocowania na głowie jak np. kask oraz z jednego lub większej liczby mikro-wyświetlaczy. HMD wyświetlają obraz rozszerzonej rzeczywistości bezpośrednio w polu widzenia użytkownika. W zależności od tego czy wyświetlacz jest umieszczony przed jednym okiem czy też nie rozróżnia się: *monocular HMD* lub *binocular HMD* w przypadku umieszczenia dwóch wyświetlaczy przed parą oczu. Urządzenia te wyposażone są w żyroskopy, które pozwalają na bardzo dokładne dostosowanie obrazu do ruchów użytkownika. Schemat działania HMD japońskiej firmy Fujitsu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Działanie japońskiego HMD firmy Fujitsu

Źródło: <http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2015/0511-02.html> (23.03.2019).

Największe zainteresowanie wzbudzają okulary AR. Przewiduje się, że będą kolejnym kamieniem milowym podobnym do smartfonów. Urządzenia te, to połączenie okularów, wyświetlaczy, kamer i mikrofonów. Rzeczywistość rozszerzona jest wyświetlana bezpośrednio w polu widzenia użytkownika. Obrazy są wyświetlane przez soczewki okularów lub wyświetlane bezpośrednio na nich. Najbardziej rozpoznawalnymi okularami są Google Glass (pokazano na rysunku 3) oraz Vuzix M100. Jednakże bardzo obiecujące są również okulary Atheer One, które wyposażone są w sensory głębi, które pozwalają fizycznie kontrolować zawartość wyświetlaną przed nimi.



Rys. 3. Okulary AR Google Glass

Źródło: https://www.popsci.com/sites/popsci.com/files/styles/1000_1x_/public/images/2016/08/google_glass_with_frame.jpg?itok=wySmdWtG&fc=50,50 (dostęp 23.03.2019).

W fazie testów znajdują się jeszcze soczewki kontaktowe AR. Prace nad tym projektem prowadzone są głównie przez firmę Microsoft oraz Google. Soczewki miałyby wyświetlać obrazy bezpośrednio na ludzkim oku wykorzystując miniaturowe obwody, anteny i diody LED.

Największymi przeszkodami w rozwijaniu tej technologii są sposoby zasilania soczewek oraz upewnienie się, że soczewka będzie bezpieczna dla ludzkiego oka.

3 MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W LOGISTYCE JAKO NOWOCZESNEJ TECHNOLOGII TELEMATYCZNEJ

3.1 Zastosowanie w magazynowaniu

Uważa się obecnie, że AR jest najbardziej obiecująca dla logistyki magazynowej. Koszty magazynowania odpowiadają za około 20% kosztów logistycznych, a koszt pobierania produktów to 55% do 65% kosztów magazynowania.[7]. To wskazuje na potencjał AR, by znacząco zmniejszyć ów koszt poprzez usprawnienie procesu komisjonowania. Może również pomóc w szkoleniu nowych i tymczasowych pracowników oraz w zarządzaniu magazynem.

W logistyce najbardziej namacalnym rozwiązaniem wykorzystującym rozszerzoną rzeczywistość są systemy optymalizujące proces pobierania produktu. Zdecydowana większość magazynów w krajach rozwiniętych wciąż korzysta z papierowych list kompletacyjnych przy pobieraniu produktów. Lecz każde podejście oparte na papierze jest powolne i podatne na błędy. Co więcej, pobieranie produktów jest często wykonywane przez tymczasowych pracowników, którzy zwykle wymagają kosztownych szkoleń w celu zapewnienia wydajnego pobierania i niewielkiej liczby błędów.

Systemy takich firm jak Knapp, SAP czy Ubimax są obecnie w późnej fazie testów praktycznych i składają się z przenośnych systemów AR takich jak wyświetlacze mocowane na głowie (HMD – head-mounted display), kamery, przenośny komputer oraz baterie, które są w stanie zapewnić energię na co najmniej jedną zmianę. Oprogramowanie Vision-Picking oferuje rozpoznawanie obiektów w czasie rzeczywistym, czytanie kodów kreskowych, nawigację wewnątrz magazynu oraz gładką integrację informacji z Systemem Zarządzania Magazynem (WMS – Warehouse Management System). Kluczową korzyścią Vision-Pickingu jest zapewnianie niewymagającego używania rąk, intuicyjnego, cyfrowego wsparcia dla pracowników podczas manualnego pobierania produktów.

Dzięki używaniu takiego systemu, każdy pracownik ma w polu widzenia cyfrową listę kompletacyjną oraz, dzięki zdolności wewnętrznej nawigacji, widzi najlepszą trasę, redukując swój czas przemieszczania się przez wydajne planowanie drogi. Oprogramowanie do rozpoznawania obrazów (zapewniane np. przez Knapp KiSoft Vision), używając automatycznego skanowania kodów kreskowych, może sprawdzić czy pracownik dotarł do właściwej lokalizacji i szybko wskazać mu odpowiedni produkt na półce.

Pracownik może wtedy zeskanować produkt i jednocześnie zarejestrować ten proces w WMS, pozwalając na aktualizację stanu zapasu w czasie rzeczywistym.

Dodatkowo, takie systemy redukują ilość czasu potrzebnego na orientację i szkolenie nowych pracowników a także znoszą bariery językowe w przypadku pracowników z zagranicy.

Testy praktyczne wyżej wymienionych systemów AR dowiodły znaczącej poprawy w produktywności magazynowania. Na przykład, ciągła weryfikacja pobierania może zmniejszyć błędy nawet o 40%. Pomimo, że dzisiejszy wskaźnik błędów w pobieraniu jest bardzo niski, nawet przy użyciu podejścia bazującego na papierowych listach eksperty estymują go na 0,35% - każdemu błędowi należy zapobiegać, ponieważ zwykle taki błąd powoduje w konsekwencji wysokie koszty dodatkowe.

AR prawdopodobnie wpłynie także na procesy zarządzania magazynem. Dzisiejsze magazyny nie są używane wyłącznie jako ośrodki przechowywania i dystrybucji produktów, ale na ich gruncie rośnie również liczba usług o wartości dodanej, począwszy od montażu produktów po etykietowanie, przepakowywanie i naprawy.

Oznacza to, iż ośrodki te muszą być przeprojektowane by pomieścić te nowe usługi. AR może być używane w celu wizualizacji wszelkich planowanych zmian w pełnej skali, sprawiając, że możliwe jest ustawianie cyfrowych przedstawień proponowanych przyszłych modyfikacji w obecnym, rzeczywistym środowisku magazynu. Planiści mogą przetestować czy wymiary planowanych modyfikacji będą odpowiadać miejscu i modelować nowy przepływ pracy. W przyszłości mogłoby to pozwolić, by prawdziwy magazyn był używany jako pole do testów zarządzania magazynem.

3.2 Zastosowanie w optymalizacji transportu

Przez ostatnią dekadę użycie zaawansowanych technologii informacyjnych w logistyce bardzo poprawiło wydajność, niezawodność i bezpieczeństwo transportu ładunków. AR ma potencjał, by jeszcze lepiej optymalizować transport ładunków w takich obszarach jak sprawdzanie kompletności, handel międzynarodowy, nawigacja na drodze i ładowanie frachtu.

Dzięki AR można osiągnąć bardziej wydajne pobieranie ładunku. Odbierający wyposażony w sprzęt AR mógłby szybko spojrzeć na ładunek, by stwierdzić czy jest kompletny. Obecnie wymaga to ręcznego przeliczania i czasochłonnego skanowania kodów kreskowych przy użyciu ręcznego skanera. W przyszłości urządzenia AR mogłyby wykorzystywać kombinację skanerów i sensorów 3D do ustalenia liczby palet lub pojedynczych przesyłek (przez skanowanie specjalnych markerów na każdej przesyłce). Pobrany wynik byłby przyrównany do oczekiwanych wartości a rezultat wyświetlony jest

odbierającemu. Taki system AR mógłby również skanować produkty w celu wychwycenia wszelkich uszkodzeń lub wad.

Wraz ze wzrostem ekonomicznym większej liczby regionów świata, przepływ transportowy do i z rozwijających się rynków znacząco się zwiększa. Oznacza to dużą szansę dla dostawców usług logistycznych, ale również zwiększenie złożoności procesów w związku ze znaczącymi różnicami w przepisach handlowych i wymogach w różnych krajach.

Rozszerzona rzeczywistość może okazać się bardzo pomocna dla dostawców usług w zakresie handlu globalnego. Przed wysyłką system AR asystowałby w upewnieniu się czy wysyłka jest zgodna z odpowiednimi przepisami dotyczącymi importu i eksportu lub czy dokumentacja handlowa została poprawnie uzupełniona. Urządzenie AR może skanować dokumenty handlowe i towary w poszukiwaniu słów kluczowych i automatycznie proponować zmiany i dokonywać korekty klasyfikacji kodów towarów.

Po wysyłce technologia AR może znacząco zredukować opóźnienia w portach i magazynach poprzez tłumaczenie treści dokumentów handlowych w czasie rzeczywistym⁶⁰. Kongestia często uniemożliwia gładki przebieg wielu procesów ekonomicznych, które bardzo polegają na nieprzerwanym przepływie towarów fizycznych. Ocenia się, że utrudnienia w ruchu drogowym każdego roku kosztują Europę około 1% produktu krajowego brutto. A w miarę zwiększania się kongestii pojawia się wysokie zapotrzebowanie na rozwiązania polepszające punktualność.

W przyszłości będziemy obserwować zwiększenie użycia dynamicznego wspomaganie ruchu drogowego wykorzystujące dane w czasie rzeczywistym w celu optymalizacji tras i tras alternatywnych. Aplikacje AR dla kierowców (z wykorzystaniem okularów bądź przedniej szyby) mogłyby być wykorzystywane do wyświetlania informacji w czasie rzeczywistym w polu widzenia kierowcy. W efekcie systemy AR zastąpią dzisiejsze systemy nawigacyjne, a ich podstawową zaletą będzie to, iż kierowca nie będzie musiał odwracać wzroku od jezdni. Systemy AR mogą również dostarczyć kierowcy informacje o pojeździe i ładunku.

Obecnie transport ładunków drogą powietrzną, morską i lądową znacząco polega na danych w formie cyfrowej i oprogramowaniu planistycznym służącym do optymalizowania planów załadunkowych i wykorzystania pojazdów. Kwestie takie jak zawartość, masa, wielkość, cel i dalsze przetwarzanie są brane pod uwagę dla każdego produktu. Mimo, że istnieją możliwości udoskonalania tych aspektów, wąskim gardłem najczęściej jest sam proces załadunku.

Urządzenia AR mogłyby pomóc poprzez zastąpienie drukowanych list kompletacyjnych i instrukcji załadunkowych. Na przykład na stacji przeładunkowej osoba dokonująca

załadunku uzyskiwałyby w czasie rzeczywistym dane na swym urządzeniu AR podpowiadające mu, którą paletę wziąć następną i w którym miejscu w pojeździe ją umieścić. Urządzenia te mogłyby wyświetlać instrukcje załadunkowe identyfikując odpowiednie miejsce w pojeździe przy pomocy strzałek lub podświetlenia lub innych podpowiedzi wizualnych. Informacje te mogłyby być generowane z wyprzedzeniem przez oprogramowanie planistyczne lub na miejscu przez rozpoznawanie obiektów ad hoc, gdzie program ustawia każdy kolejny losowy towar biorąc pod uwagę jego kształt tak, aby zmaksymalizować dostępną przestrzeń i uniknąć zbędnych luk.

Rosnąca popularność e-commerce poskutkowała ogromnym zapotrzebowaniem na dostawy do odbiorcy (ang. last mile delivery), które są ostatnim i często najdroższym ogniwem łańcucha dostaw. Z tego powodu optymalizacja ostatniego etapu dostawy, by zmniejszyć koszt produktu i zwiększyć zysk jest obiecującym polem do zastosowania rozwiązań wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość.

Szacuje się, że kierowcy spędzają od 40% do 60% czasu poza centrum dystrybucyjnym na czynnościach innych niż prowadzenie pojazdu, takich jak lokalizowanie paczek do kolejnej dostawy w pojeździe. Obecnie, by znaleźć pudełko, kierowca musi polegać na zapamiętywaniu procesu ładowania.

W przyszłości w centrum dystrybucyjnym każdy kierowca mógłby otrzymywać istotne informacje dotyczące konkretnej paczki patrząc na nią przy użyciu sprzętu AR.

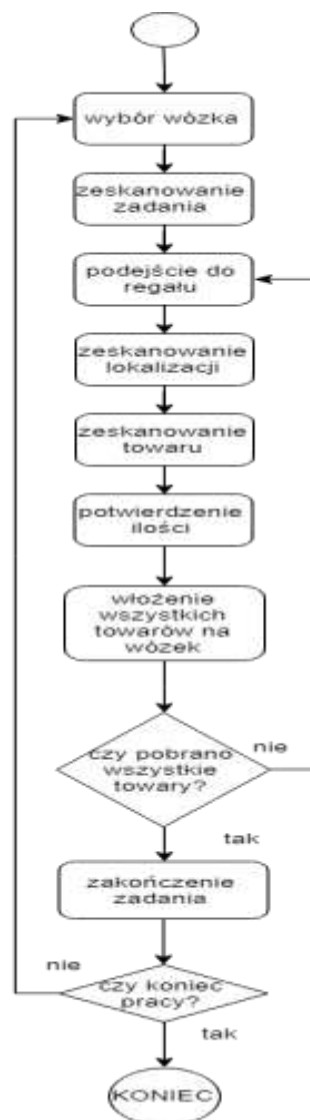
4 ANALIZA PROCESU KOMISJONOWANIA W MAGAZYNIE

4.1 Charakterystyka procesu

Przedmiotem analizy jest wybrany magazyn przedsiębiorstwa zajmującego się sprzedażą hurtową artykułów z branży FMCG(Fast Moving Consumer Goods). Asortyment firmy jest dystrybuowany na terenie całego kraju. W skład asortymentu wchodzi m.in.: artykuły spożywcze, napoje, leki wydawane bez recepty, alkohole oraz wyroby tytoniowe wraz z akcesoriami. Firma posiada aktualnie dwa magazyny znajdujące się w Bydgoszczy i w Krakowie. Natomiast siedziba firmy znajduje się w Warszawie. Firma zaopatruje podmioty zajmujące się sprzedażą detaliczną i stale poszerza swoją sieć odbiorców.

Kompletowanie zamówień jest pracochłonnym procesem, ponadto jeżeli jest wykonywane w ręczny sposób może powodować wiele błędów. To, w jaki sposób zamówienia są kompletowane, wpływa w znaczący sposób na organizację magazynu. Często jest tak, że zamówienia kompletowane są przez pracownika magazynu korzystającego z różnego rodzaju wózków. W szczególności dużo strat czasowych i błędów ma miejsce już na etapie pobierania

towarów z miejsc składowania w magazynie. Pracownik traci dużo czasu na czytaniu listy pobrań w celu ustalenia lokalizacji wymaganego do pobrania asortymentu, następnie musi pobrać ładunek i odnotowywać wszystkie wymagane informacje na kartce papieru, co jest utrudnieniem dla pracownika, którego głównym zadaniem jest transport towaru z punktu A do punktu B. Nieco lepsza sytuacja jest wtedy, gdy pracownika wspomagają skanery kodów. I taka sytuacja zostanie rozpatrzona w kontekście dalszego usprawnienia procesu pobierania towarów z przestrzeni magazynowej. Na rysunku 4 pokazano algorytm pobierania towarów przed propozycją usprawnienia za pomocą technologii rozszerzonej rzeczywistości. Jak widać na całym proces składa się 8 czynności.



Rys. 1. Algorytm pobierania towarów z przestrzeni magazynowej przed usprawnieniem
 Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów z firmy.

W firmie zmierzono czas wykonywania czynności pracowników, które można przedstawić w czterech kategoriach: średni czas transportu, średni czas szukania i operacji na towarach, czas potrzebny na przetwarzanie informacji oraz czas na dodatkowe czynności. Zmierzono czasy dla zadań z różnymi liczbami lokalizacji. Najmniejsza liczba lokalizacji jaką pracownik musiał odwiedzić, żeby skompletować zlecenie to 1, natomiast największa liczba to 10 różnych lokalizacji. Każde zadanie polegało na pobraniu z n-liczby regałów 3 paczek. Czasy te przedstawiono w tabeli nr. 1.

Tabela 1. Czasy poszczególnych operacji procesu komisjonowania

| Liczba lokalizacji | Łączny czas transportu [s] | Łączny czas szukania i operacji na towarach [s] | Łączny czas przetwarzania informacji [s] | Czas dodatkowych czynności [s] |
|--------------------|----------------------------|---|--|--------------------------------|
| 1 | 55 | 15 | 15 | 90 |
| 2 | 112 | 33 | 30 | 90 |
| 3 | 163 | 51 | 45 | 90 |
| 4 | 241 | 69 | 60 | 90 |
| 5 | 282 | 85 | 75 | 90 |
| 6 | 317 | 105 | 90 | 90 |
| 7 | 392 | 120 | 105 | 90 |
| 8 | 458 | 145 | 120 | 90 |
| 9 | 512 | 161 | 135 | 90 |
| 10 | 567 | 182 | 150 | 90 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych firmy.

Do obliczenia długości całego cyklu komisjonowania wykorzystano wzór [3]:

$$T_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (2)$$

gdzie: t_1 – łączny czas transportu,
 t_2 – łączny czas szukania i operacji na towarach,
 t_3 – łączny czas przetwarzania informacji,
 t_4 – czas dodatkowych czynności.

Proces komisjonowania odbywa się za pomocą wózka ręcznego, dlatego czas dodatkowych czynności dobrano na poziomie 90 sekund. Czas dodatkowych czynności przyjęto jako stałą ze względu na problematyczność jej pomiaru [3].

4.2 Analiza wydajności i kosztów magazynowania

W tabeli 2 pokazano koszty związane z działaniem gospodarki magazynowej w ostatnim roku kalendarzowym.

Tabela 2. Wykaz kosztów magazynowania

| L.p. | Nazwa kosztu | Koszt w PLN |
|------|--------------|-------------|
|------|--------------|-------------|

| | | |
|---|---|--------------|
| 1 | amortyzacja budynku magazynu | 280 000 zł |
| 2 | amortyzacja środków transportu wewnętrznego | 80 000 zł |
| 3 | zużycie materiałów i energii | 80 000 zł |
| 4 | wynagrodzenie pracowników magazynu | 800 000 zł |
| 5 | usługi obce świadczone na rzecz magazynu | 230 000 zł |
| 6 | amortyzacja urządzeń do składowania | 35 000 zł |
| | Razem: | 1 505 000 zł |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych firmy.

Do dalszej analizy konieczne są jeszcze dane na temat obrotu magazynowego. Firma prowadzi ewidencje dziennego obrotu jednostek paletowych, które przychodzą i wychodzą z magazynu. Dane te przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry pracy magazynu

| L.p. | Parametry | Wartość |
|------|--|-----------|
| 1 | Pojemność maksymalna magazynu | 4 020 pjł |
| 2 | Średnie dzienne dostawy do magazynu | 213 pjł |
| 3 | Średnie dzienne wydania z magazynu | 197 pjł |
| 4 | Średni dzienny obrót w magazynie | 410 pjł |
| 5 | Liczba pracowników zatrudnionych w magazynie | 30 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych firmy.

Do oceny wydajności i wpływu na ogólne koszty magazynowania policzono ogólny czas cyklu T_p (wzór nr 2) dla poszczególnych liczb lokalizacji, które musieli odwiedzić pracownicy magazynu. Następnie oszacowano czas kompletacji zamówienia o sumarycznej liczbie opakowań zbiorczych równej jednej paletowej jednostce ładunkowej, wg wzoru nr 3. Wiedząc, że czas pracy pracowników magazynowych to 8 godzin, oszacowano liczbę palet, którą jest w stanie skompletować jeden pracownik, wg wzoru nr 4. Dodatkowo obliczono długość czasu przejścia i przebywania pracownika w poszczególnych lokalizacjach. Mając powyższe dane można przystąpić do obliczenia wskaźników, które posłużą do oceny wydajności bieżącego systemu. Użyte wzory [3]:

- Szacowany czas kompletacji 1 palety przez 1 pracownika w minutach [3]:

$$T_k = \frac{n_{op}}{n_{lok} * k} * T_p \quad (3)$$

gdzie:

n_{op} – liczba opakowań zbiorczych mieszcząca się na palecie,

n_{lok} – liczba odwiedzonych lokalizacji,

k – liczba pobieranych opakowań zbiorczych w lokalizacji,

T_p – czas cyklu komisjonowania.

- Szacowana liczba palet, którą pracownik załaduje w 8 godzin:

$$Q_p = \frac{480 \text{ min}}{T_k} \quad (4)$$

- Czas potrzebny na dotarcie i pracę przypadający na jedną lokalizację [3]:

$$T_{lok} = \frac{T_p}{n_{lok}} \quad (5)$$

Do dalszych obliczeń potrzebne są dane dotyczące wartości bieżących zapasów znajdujących się w magazynie. Dane te zawarte są w poniższej tabeli (tabela nr 4).

Tabela 4. Wykaz stanu magazynowego

| Towar | Liczba pjl. | Wartość pjl. | Wartość op. zbiorczego | Wartość ogółem |
|--------------|-------------|--------------|------------------------|------------------------|
| A | 208 | 1 152,00 zł | 24,00 zł | 239 616,00 zł |
| B | 221 | 1 056,00 zł | 22,00 zł | 233 376,00 zł |
| C | 168 | 1 344,00 zł | 28,00 zł | 225 792,00 zł |
| D | 312 | 816,00 zł | 17,00 zł | 254 592,00 zł |
| E | 145 | 1 728,00 zł | 36,00 zł | 250 560,00 zł |
| F | 152 | 1 152,00 zł | 24,00 zł | 175 104,00 zł |
| G | 143 | 1 344,00 zł | 28,00 zł | 192 192,00 zł |
| H | 84 | 1 968,00 zł | 41,00 zł | 165 312,00 zł |
| I | 187 | 2 208,00 zł | 46,00 zł | 412 896,00 zł |
| J | 111 | 1 488,00 zł | 31,00 zł | 165 168,00 zł |
| RAZEM | 1731 | | RAZEM | 2 314 608,00 zł |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych firmy.

Wyznaczono średnią wartość paletowej jednostki ładunkowej na poziomie **1425,60 zł**. Następnie obliczono średnią wartość dziennego obrotu magazynowego w PLN, wg wzoru [2]:

$$M_{so} = \frac{Q_r}{d} \quad (6)$$

gdzie:

Q_r – wielkość obrotu magazynowego wg rozchodu w badanym okresie (t, zł)

d – liczba dni w badanym okresie

W dalszej kolejności oszacowano czas kompletacji jednej palety w momencie, gdy pracują wszyscy pracownicy zajmujący się procesem komisjonowania zamówień, wg wzoru:

$$T_{k15} = \frac{\overline{T_k}}{n_p} \quad (7)$$

gdzie: n_p – liczba pracowników

Procesem komisjonowania w badanym magazynie zajmuje się zazwyczaj piętnastu pracowników. Wiedząc powyższe, przystąpiono do oszacowania liczby palet, którą są w stanie skompletować pracownicy magazynowi w ciągu 8 godzin, wg wzoru:

$$Q_{p15} = \frac{480 \text{ min}}{T_{k15}} \quad (8)$$

Następnie obliczono wartość tych palet przemnażając wynik z powyższego równania ze średnią wartością palety. Tę wartość oszacowano na poziomie **281 235,04 zł**. Wyznaczono również wskaźnik wydajności pracowników magazynowych wg wzoru [1]:

$$M_{wpr} = \frac{P_{WE}^D + P_{WY}^D}{n_p^D} \quad [\text{palet/pracownika/dzień}] \quad (9)$$

gdzie:

P_{WE}^D – wielkość dostaw dobowych [pjł],

P_{WY}^D – wielkość dobowych wydań [pjł],

n_p^D – liczba pracowników zatrudniona w badanym okresie.

Uwzględniając również pracę pozostałych pracowników magazynowych odpowiedzialnych za inne funkcje oraz pozostałe koszty składające się na funkcjonowanie magazynu, policzono koszt przejścia jednej palety przez magazyn w skali roku poprzez podzielenie sumy wszystkich kosztów przez łączny roczny obrót palet w magazynie. Wszystkie wyniki powyższych działań przedstawiono w tabeli nr 5 oraz nr 6, znajdujących się poniżej.

Tabela 5. Wyniki w zależności od liczby lokalizacji

| Liczba lokalizacji | Czas cyklu T_p [min] | Szacowany czas ładowania palety przez 1 pracownika [min] | Ilość palet na 8h | Czas na 1 lokalizację [min] |
|--------------------|------------------------|--|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 2,92 | 46,67 | 10 | 2,92 |
| 2 | 5,25 | 42,00 | 11 | 2,63 |
| 3 | 6,82 | 36,36 | 13 | 2,27 |
| 4 | 9,02 | 36,07 | 13 | 2,25 |
| 5 | 10,83 | 34,67 | 13 | 2,17 |
| 6 | 12,42 | 33,11 | 14 | 2,07 |

| | | | | |
|----|-------|-------|----|------|
| 7 | 14,10 | 32,23 | 14 | 2,01 |
| 8 | 16,65 | 33,30 | 14 | 2,08 |
| 9 | 19,75 | 35,11 | 13 | 2,19 |
| 10 | 22,17 | 35,47 | 13 | 2,22 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Wyniki obliczeń dotyczących funkcjonowania magazynu

| L.p. | Wskaźnik | Jednostka | Wartość |
|------|--|--------------------------|------------|
| 1 | Szacowany czas załadunku jednej paletowej jednostki ładunkowej | [min] | 2,43 |
| 2 | Ilość palet załadowanych w 8h | [pjł] | 197 |
| 3 | Wartość skompletowanych palet | [zł] | 281 235,04 |
| 4 | Wskaźnik wydajności pracowników | [palet/pracownika/dzień] | 13,15 |
| 5 | Koszt przejścia jednej palety przez magazyn w skali roku | [zł] | 15,89 |
| 6 | Średni dzienny obrót | [zł] | 584 496,00 |

Źródło: opracowanie własne.

5 OCENA WDROŻENIA W MAGAZYNIE ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI JAKO NOWOCZESNEJ TECHNOLOGII TELEMATYCZNEJ

5.1 Proponowane usprawnienie procesu komisjonowania

W celu usprawnienia prac związanych z komisjonowaniem zamówień proponuje się wdrożenie systemu rozszerzonej rzeczywistości. Rozpatruje się możliwość korzystania z okularów AR przez pracowników kompletacyjnych. Technologia ta powinna przyspieszyć proces kompletacji zamówień, zwiększyć obroty magazynu i tym samym zwiększyć zyski. Oprócz tego technologia AR poprawi bezpieczeństwo poprzez informowanie pracowników o możliwości kolizji z ruchomymi wózkami podnośnikowymi. Dodatkowo może również przyspieszyć procesy związane z naprawą popsutego sprzętu.

Sprzęt mógłby być zakupiony tylko na potrzeby pracowników zajmujących się procesami komisjonowania i kompletowania zamówień.

Analizując obecny wybór dostawców usług rozszerzonej rzeczywistości dla klientów biznesowych w zakresie magazynowania wybrano firmę Atheer Inc. Jest to przedsiębiorstwo specjalizujące się wyłącznie w rozwiązaniach wykorzystujących technologię rozszerzonej rzeczywistości. Posiada szeroką gamę rozwiązań w tym dla logistyki i magazynowania.

W celu zwiększenia wydajności magazynu proponuje się wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań telematycznych wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość. Zmiany jakie musiałyby zajść w procesie są niewielkie, natomiast oczekuje się dużą poprawę wydajności pracy magazynu. Pracownicy wyposażeni w okulary AR nie musieliby korzystać już z list kompletacyjnych, ani ze skanerów kodów kreskowych, ponieważ wszystkie niezbędne informacje byłyby wyświetlane przez okulary oraz zapisywane przez system. Pracownik może głosowo komunikować się z systemem tak samo jak w przypadku rozwiązań typu Voice Picking oraz może być prowadzony do miejsca pobrania poprzez wizualne wskazówki. Kamera zamontowana na okularach może odczytywać kody kreskowe znajdujące się na opakowaniach w celu potwierdzenia pobrania i zliczania ilości pobranych opakowań. System jest w stanie również informować operatorów wózków podnośnikowych o tym czy paleta jest już w bezpiecznym położeniu czy też nie. System ostrzega również o możliwych kolizjach wózków zapobiegając tym samym wszelakim wypadkom w magazynie. Wizualne podpowiedzi mogą znacznie zredukować liczbę pomyłek ilościowych oraz rzeczowych.

5.2 Ocena proponowanego usprawnienia procesu komisjonowania

Uwzględniając aktualne badania oraz z wcześniejszych lat, a także eksperyment przeprowadzony na potrzeby oceny zasadności wdrożenia systemu rozszerzonej rzeczywistości w rozpatrywanym procesie komisjonowania uzyskano zadowalające rezultaty. Zaobserwowano znaczącą redukcję czasów związanych z wyszukiwaniem i operacjami na ładunkach, dochodzącą do 45%. Ponadto ilość błędów popełnianych podczas tego procesu również została zredukowana o ok. 90%. Uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli 7.

Tabela 7. Czasy poszczególnych operacji procesu komisjonowania po usprawnieniu

| Liczba lokalizacji | Łączny czas transportu [s] | Łączny czas szukania i operacji na towarach [s] | Łączny czas przetwarzania informacji [s] | Czas dodatkowych czynności [s] |
|--------------------|----------------------------|---|--|--------------------------------|
| 1 | 55 | 8,25 | 0,75 | 60 |
| 2 | 112 | 23,65 | 1,5 | 60 |
| 3 | 163 | 33,55 | 2,25 | 60 |
| 4 | 241 | 43,45 | 3 | 60 |
| 5 | 282 | 52,25 | 3,75 | 60 |
| 6 | 317 | 63,25 | 4,5 | 60 |
| 7 | 392 | 71,50 | 5,25 | 60 |
| 8 | 458 | 85,25 | 6 | 60 |
| 9 | 512 | 94,05 | 6,75 | 60 |
| 10 | 567 | 105,6 | 7,5 | 60 |

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie tych wyników obliczono wszystkie pozostałe wskaźniki przeprowadzone w poprzedniej analizie w celu porównania wydajności magazynu. Obliczenia z tabeli 5 powtórzono i zestawiono w formie tabeli 8 oraz 9

Tabela 8. Wyniki obliczeń na podstawie liczby lokalizacji po usprawnieniu

| Liczba lokalizacji | Czas cyklu Tp [min] | Szacowany czas ładowania palety przez 1 pracownika [min] | Ilość palet na 8h | Czas na 1 lokalizację [min] |
|--------------------|---------------------|--|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 2,07 | 33,07 | 14 | 2,07 |
| 2 | 3,95 | 31,62 | 15 | 1,98 |
| 3 | 5,15 | 27,45 | 17 | 1,72 |
| 4 | 6,97 | 27,90 | 17 | 1,74 |
| 5 | 8,43 | 26,99 | 17 | 1,69 |
| 6 | 9,63 | 25,68 | 18 | 1,60 |
| 7 | 10,96 | 25,06 | 19 | 1,57 |
| 8 | 13,09 | 26,18 | 18 | 1,64 |
| 9 | 15,83 | 28,14 | 17 | 1,76 |
| 10 | 17,85 | 28,56 | 16 | 1,79 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 9. Wyniki obliczeń po usprawnieniu dotyczące funkcjonowania magazynu

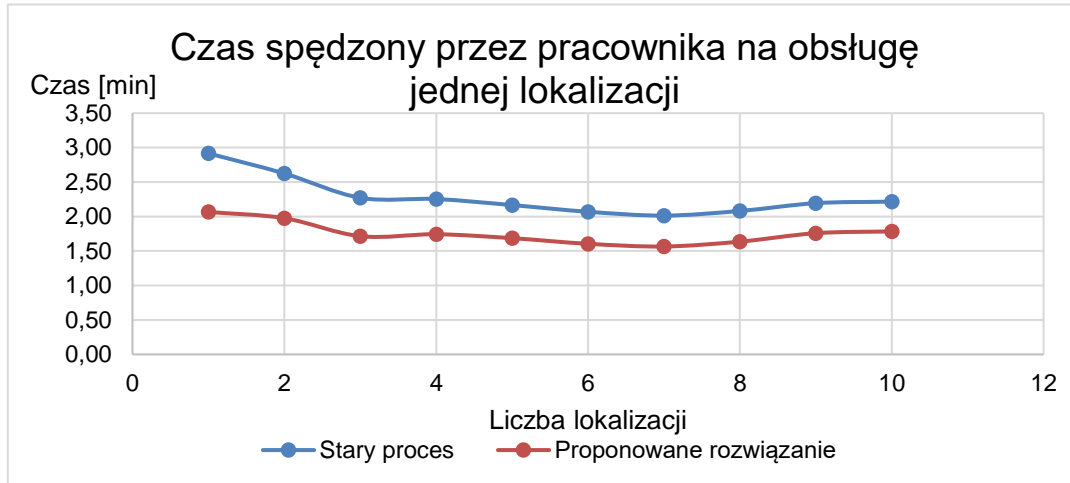
| L.p. | Wskaźnik | Jednostka | Wartość |
|------|--|--------------------------|------------|
| 1 | Szacowany czas załadunku jednej paletowej jednostki ładunkowej | [min] | 1,87 |
| 2 | Ilość palet załadowanych w 8h | [pjł] | 257 |
| 3 | Wartość skompletowanych palet | [zł] | 365 755,08 |
| 4 | Wskaźnik wydajności pracowników | [palet/pracownika/dzień] | 17,10 |
| 5 | Koszt przejścia jednej palety przez magazyn w skali roku | [zł] | 12,22 |
| 6 | Średni dzienny obrót | [zł] | 670 032,00 |

Źródło: opracowanie własne.

Można zauważyć, że wydajność uległa poprawie, a obroty magazynu wzrosły. Czas jaki pracownik musiał poświęcić na pracę przy jednym regale uległ zmniejszeniu. W efekcie ilość palet jaką pracownik jest w stanie skompletować w ciągu ośmiu godzin zwiększyła się. Praca wszystkich pracowników kompletacyjnych wykorzystujących technologię rozszerzonej rzeczywistości pozwala na większą ilość wydawanych zamówień dziennie. Procentowy wzrost obrotu w złotych po zastosowaniu usprawnienia wynosi:

$$\frac{365\,755,08 - 281\,235,04}{281\,235,04} * 100\% \approx 30,05\%$$

Na rysunku 5 przedstawiono graficzne odzwierciedlenie efektów rozpatrywanego rozwiązania. Obserwuje się wyraźny spadek czasu jaki jest potrzebny jednemu pracownikowi na dotarcie do jednej lokalizacji i na dokonanie niezbędnych czynności jakie są potrzebne do realizacji procesu komisjonowania.



Rys. 5. Wykres przedstawiający czas spędzony przez pracownika na obsługę jednej lokalizacji
Źródło: opracowanie własne.

6 PODSUMOWANIE

Reasumując w artykule odniesiono się do różnych aspektów telematyki mających swoje zastosowanie w wybranych obszarach logistyki. Telematyka wspiera procesy inżynierii ruchu drogowego, logistyki miejskiej, magazynowania oraz zarządzania przedsiębiorstwem.

Cel referatu został zrealizowany, podczas oceny zastosowania nowoczesnych rozwiązań telematycznych w magazynowaniu, wykazano że wybrana technologia jest w stanie zastąpić dotychczasowe metody kompletacji towarów. W trakcie przeprowadzonej symulacji uzyskano bardzo obiecujące wyniki w postaci 30% wzrostu obrotów magazynu, które pozwolą przedsiębiorstwu na szybszy rozwój i większą konkurencyjność. Przeprowadzona ocena analiza procesu komisjonowania, przy zastosowaniu systemu rozszerzonej rzeczywistości wykazała, że zastosowane rozwiązanie skraca potrzebny czas na kompletację palet o ok. 23%. Koszt przejścia jednej palety przez magazyn w skali roku również uległ zmniejszeniu. Ponadto wydajność pracowników magazynowych w porównaniu do stosowanych dotychczasowych metod wzrosła o ok. 30%.

Jednakże system nadal nie jest doskonały. Stosowanie nowej technologii napotyka nowe problemy, które muszą zostać rozwiązane. Do tych problemów zalicza się między innymi żywotność baterii urządzeń AR, jakość i ergonomia użytkowania tych urządzeń. Wystąpiło

także wiele przypadków zmęczenia oczu i bólów głowy pracowników używających okulary do rozszerzonej rzeczywistości. Aby rozwiązać te problemy konieczne są dalsze badania nad rozszerzoną rzeczywistością w logistyce. Jak widać już na początkowym etapie odnotowuje się pozytywne efekty jej stosowania, rokujące dobrze na przyszłość.

LITERATURA

Bukała, B. 2012, Rzeczywistość rozszerzona jako technologia wspierająca telematykę w logistyce, „Czasopismo Logistyka”, 2012/3.

Cirulis A., Ginters E., 2013, *Augmented Reality in Logistics*, „Procedia Computer Science” 2013/26.

Glockner H., Jannek K., Mahn J., Theis B., 2014, *Augmented Reality in Logistics*, „DHL Trend Research”.

Habazin J., Glasnović A., Bajor I., 2016 “Order picking process in warehouse: case study of dairy industry in Croatia”, Internal Transport, University of Zagreb,.

<https://di-uploads-pod4.dealerinspire.com/napervilletoyota/uploads/2017/03/2017-Toyota-Prius-HUD.jpg> (23.03.2019).

https://www.popsci.com/sites/popsci.com/files/styles/1000_1x_/public/images/2016/08/google_glass_with_frame.jpg?itok=wySmdWtG&fc=50,50 (dostęp 23.03.2019).

Szymonik A., Chudzik D., 2018, „Logistyka nowoczesnej gospodarki magazynowej”, Warszawa, Difin, (131).

Ślaski P., 2014, Optimization of Goods Group Order- Process Approach, “Advances in Economics and Business”, ISSN 2331 – 5059, nr 2.

Śliwczyński B., 2007 „Controlling w zarządzaniu logistyką”, Poznań, Wyższa Szkoła Logistyki, (135).

Waśniewski T.R., Laskowski D., Wirtualne sterowanie magazynami. Systemy Logistyczne Wojsk nr 44/2016.

www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2015/0511-02.html (23.03.2019).