



WSPARCIE INFORMATYCZNE ZARZĄDZANIA PRACĄ MAGAZYNÓW W MAŁYM PRZEDSIĘBIORSTWIE

Oskar Szymański¹, Łukasz Świat¹, Dariusz Mikołajewski¹, Ewa Dostatni², Izabela Rojek¹

¹ Faculty of Computer Science, Kazimierz Wielki University, Poland

² Faculty of Mechanical Engineering, Poznań University of Technology, Poland

Corresponding author:

Izabela Rojek

Faculty of Computer Science

Kazimierz Wielki University

Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz, Poland

phone: +48 52 3257630

e-mail: izabela.rojek@ukw.edu.pl

IT SUPPORT FOR WAREHOUSE MANAGEMENT IN A SMALL COMPANY

ABSTRACT

The aim of this paper is to present an approach that integrates most of the IT support needs of warehousing in a small business into a single solution and to provide a dynamic API (Application Programming Interface) that enables real-time database replication in both browser and desktop versions. The programme, which enables key tasks in warehouse operations has been designed using established technology and works without errors or problems. It has robust security features and a proprietary back-end and front-end, and is compatible with browsers and mobile systems, which was the main goal of the project. Considering the cost of creating a full version of the system based on the current prototype, it can be concluded that the programme is scalable and written in an intuitive way, reducing the need for a large number of developers, making it competitive in terms of maintenance costs.

KEYWORDS

Business management, ICT support, computerisation, SME.

1. Wprowadzenie

Systemy ERP (*Enterprise Resource Planning* – Planowanie Zasobów Przedsiębiorstwa), dedykowane przedsiębiorstwom są nieustannie rozwijane, zaskakując użytkowników coraz bardziej przydatnymi funkcjonalnościami. Kluczowym obszarem rozwoju tych systemów jest automatyzacja procesów. W przeszłości integracja modułów kurierskich z oprogramowaniem, umożliwiającą generowanie etykiet jednym kliknięciem lub automatyczne zmiany statusów zamówień po zakończeniu określonych działań, była niedostępna. Obecnie aplikacje te są w stanie synchronizować różne platformy w czasie rzeczywistym, umożliwiając sprawną realizację zamówień. Ponadto wiele systemów ERP regularnie ulepsza narzędzia do inteligentnego monitorowania konkurencji, pozwalające na bieżąco kontrolować ceny, stany magazynowe i inne parametry [6].

Nowoczesne oprogramowanie integruje się także z wieloma zewnętrznymi zasobami, takimi jak geolokalizacja (*global positioning system* – GPS) do lokalizacji dostawców, skanery, systemy śledzenia przesyłek, wagi i inne narzędzia. Coraz więcej systemów oferuje również możliwość pracy na urządzeniach mobilnych. W odpowiedzi na te potrzeby powstają smartfony wyposażone w skanery, dzięki którym magazynierzy, kierowcy oraz

przedstawiciele handlowi mogą realizować swoje zadania poza biurem, bez konieczności dostępu do komputera. Kolejny poziom tej rewolucji to już przemysłowy internet rzeczy, wykorzystanie sztucznej inteligencji do klasyfikacji i predykcji oraz systemy 5G i 6G do śledzenia przesyłek w łańcuchu dostaw [3].

ERP obejmuje nadzór nad większością procesów w firmie, a wszystkie działania oparte są na jednej wspólnej bazie danych. To zapewnia natychmiastową widoczność zmian wprowadzonych przez jeden dział dla pozostałych obszarów firmy.

Współczesne systemy ERP charakteryzują się skalowalnością, co pozwala na ich dostosowanie do wielkości i specyfiki firmy, niezależnie od wzrostu liczby danych czy użytkowników, a dla zachowania płynności działania coraz częściej wykorzystuje się rozwiązania chmurowe. Wdrożenie ERP przynosi firmom szereg korzyści, takich jak: obniżenie kosztów dzięki automatyzacji procesów, oszczędność czasu, poprawę kontroli, zwiększenie efektywności, łatwy dostęp do informacji, optymalizację procesów, zwiększenie bezpieczeństwa danych oraz wpływ na optymalizację stanów magazynowych [6].

Jeszcze do niedawna systemy ERP były uważane za zbyt kosztowne dla małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), ale od kilku lat stan ten zaczyna się zmieniać. Powstają coraz bardziej dostępne cenowo aplikacje de-

dykowane tej ogromnej grupie klientów, którzy również uczestniczą w transformacji do Przemysłu 4.0 [12].

Współcześnie kluczowymi cechami dobrego oprogramowania dla przedsiębiorstw są: szybkość działania, optymalizacja oraz solidna ochrona danych. Coraz więcej programów migruje z wersji komputerowych na przeglądarkowe, co zapewnia większą elastyczność i dostępność na różnych platformach, z dowolnego miejsca z dostępem do Internetu. Zwiększa to jednak także wymagania wobec tych systemów. Nie wystarcza już obsługa podstawowych funkcji, takich jak przyjmowanie, wydawanie czy ewidencja towarów oraz prowadzenie księgowości. Współczesne wyzwania dla twórców oprogramowania obejmują integrację z zewnętrznymi platformami, takimi jak Allegro, Shoper, Magento czy Presta, a także z modułami kurierskimi, aby cały proces realizacji zamówienia mógł być wykonany w jednej aplikacji. Obecnie systemy ERP integrują się z platformami typu Allegro za pomocą oddzielnych synchronizatorów, a przesyłki kurierskie są nadawane przez dedykowane platformy przewoźników [13].

Celem artykułu było zintegrowanie wszystkich potrzeb w jednym rozwiązaniu oraz udostępnienie dynamicznego API, które umożliwi odtworzenie bazy danych w czasie rzeczywistym, zarówno w wersji przeglądarkowej, jak w wersji desktopowej.

Artykuł składa się z kilku rozdziałów: wprowadzenia, opisu metod, opisu wyników, dyskusji oraz wniosków. Spis literatury kończy artykuł.

2. Metody

W celu zapewnienia oprogramowaniu ponadczasowości, zostało ono oparte na frameworku React, który jest obecnie jedną z najbardziej popularnych i cenionych implementacji JavaScript na rynku. Pozostałe wykorzystane technologie obejmują przede wszystkim: React, .NET, Microsoft SQL Server, Windows Server, JavaScript, Node.js, Npm, C#, JavaScript Object Notation (JSON), SASS, Git, Git Bash, GitHub Desktop, Postman, Application Programming Interface (API), Axios, Webpack, Babel, Automapper, Visual Studio Code, Visual Studio, JetBrains Rider i Redux.

3. Wyniki

W ramach badań opracowano system informatyczny do obsługi wybranych działań magazynowych oraz przygotowano go do dalszego rozwoju w miarę rozwoju przedsiębiorstwa i jego skali działania oraz zadań. Aplikacja jest w pełni obsługiwana przez przeglądarki internetowe oraz dostępna dla urządzeń mobilnych. Aplikacja posiada warstwę back-end napisaną w technologii .NET z bazą danych MSSQL oraz własnym dedykowanym serwerem, a także warstwę front-end przy-

gotowaną w technologii React. System ma przygotowane API do sprawnej komunikacji aplikacji internetowej z bazą danych, odpowiednie zabezpieczenia chroniące przed wyciekami danych z serwera oraz odpowiednio zaprojektowaną warstwę front-end z panelem logowania i nowoczesnym wyglądem panelu głównego. System wyposażony został także w wyszukiwarkę, moduł powiadomień, statystyki magazynowe, tryb ciemnych i jasnych kolorów oraz konwerter walut. Wykonane testy automatyczne i manualne systemu pokazały jego praktyczność i przydatność w wybranej grupie użytkowników z sektora małych i średnich przedsiębiorstw.

3.1. Model relacyjnej bazy danych

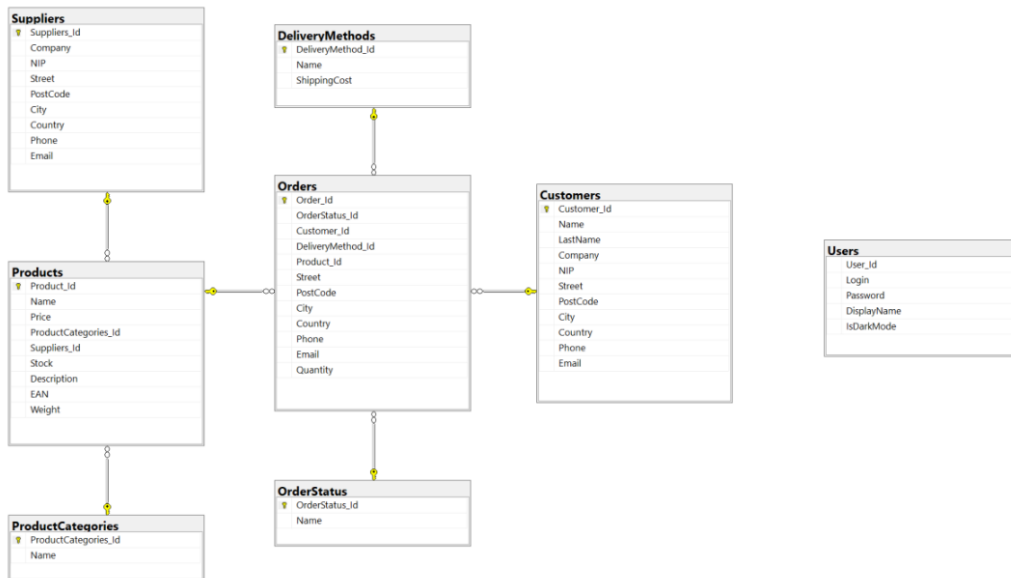
Model relacyjnej bazy danych zawiera następujące tabele (rys. 1):

- customers – zawiera listę klientów pobieranych bezpośrednio podczas pracy aplikacji. Tabela klientów jest powiązana relacyjnie z tabelą zamówień;
- orders – jest to lista zamówień, która jest tabelą łączoną, gdyż zawiera elementy z tabeli – klienci, tabeli – produkty, tabeli – sposoby dostaw oraz tabeli – sposoby płatności;
- products – zawiera listę produktów pobieranych podczas pracy aplikacji. Produkty powiązane są z tabelą dostawców oraz tabelą kategorii;
- delivery methods – jest to tabela przechowująca sposoby dostawy, które są wykorzystywane w tabeli zamówień;
- order status – jest to lista statusów wykorzystywanych w aplikacji to oznaczania etapu realizacji zamówienia;
- payment methods – jest to spis dostępnych sposobów płatności;
- product categories – określa listę kategorii bezpośrednio połączoną z tabelą produktów;
- suppliers – tabela dostawców;
- users – tabela zawierająca dane o zarejestrowanych użytkownikach aplikacji.

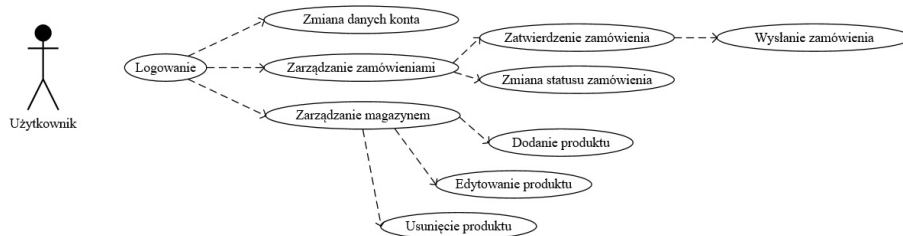
Natomiast przykład diagramu przypadków użycia ilustrujący wybrane funkcjonalności programu został pokazany na rys. 2.

3.2. Działanie aplikacji

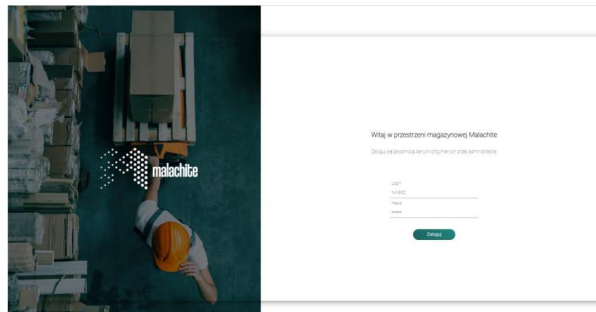
Aplikacja działa zarówno w wersji desktopowej (rys. 3 i 4), jak i na urządzeniu mobilnym (rys. 5 i 6). Na rysunku 3 i 5 został pokazany panel logowania aplikacji w dwóch wersjach. Natomiast rysunek 4 i 6 przedstawia panel główny aplikacji. Panel główny w wersji desktopowej (rys. 4) jest podzielony na 3 części: powiadomienia, statystyki sprzedaży z ostatniego miesiąca oraz najlepiej sprzedające się towary w roku bieżącym. Natomiast panel główny aplikacji na urządzenie mobilne posiada dwie główne części: panel zamówień i magazyn (rys. 6).



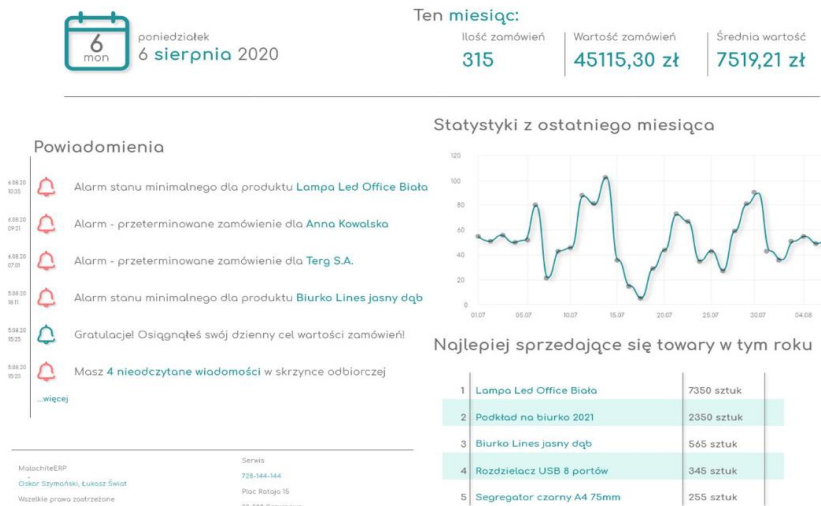
Rys. 1. Model relacyjnej bazy danych.



Rys. 2. Diagram przypadków użycia.



Rys. 3. Panel logowania (desktop).



Rys. 4. Panel główny aplikacji (desktop).



Rys. 5. Panel logowania (smartfon).

Podstawowe funkcjonalności programu zostały zgrupowane w formie intuicyjnych okien ułatwiających użytkownikowi orientację w programie (rys. 6–8).

Panel główny z rysunku 6 umożliwia obsługę zamówień i magazynu. Aplikacja pozwala na przeglądanie produktów w postaci tabelarycznej (rys. 7). Ważną

funkcjonalnością programu jest ustawianie statusu zamówień (rys. 8).



Rys. 6. Panel główny aplikacji (smartfon).

3.3. Testy

W celu uniknięcia niepożądanych zachowań aplikacji po jej wdrożeniu, takich jak wyciek danych, konieczne było testowanie najbardziej niewralgicznych elementów w jej strukturze. Kluczowymi obszarami, objętymi testami były autoryzacja oraz formularze, takie jak wyszukiwarki i komponenty odpowiedzialne za dodawanie lub aktualizowanie zasobów z serwera. Testowanie aplikacji zostało podzielone na dwa etapy: automatyczne i manualne. Testy automatyczne były wykonywane za pomocą narzędzi Cypress i React Test Utils, natomiast testy manualne przeprowadzili autorzy. Testowanie oprogramowania przeszło je pozytywnie.

Symbol	Nazwa	Ilość	Opis	Kategoria	Producent	Cena	Ean	Waga
36	Apteczka Biała	10	Apteczka biała	Office	Oponeo	29 zł	230440401	1 kg
35	Herbata Lipton 100 saszetek	250	Herbata Yellow Label Lipton	Office	Oponeo	19,9 zł	39494949	1 kg
34	Lataarki Led Energizer	14	Lataarki LED	Office	Oponeo	19,99 zł	4949499	1 kg
33	Taśma do pakowania brązowa 50mm	720	Taśma pakowa brązowa Scotch	Office	Oponeo	1,99 zł	9939494	1 kg
32	Segregator A4/75 czarny Office	9	Segregator dzwigniowy Office	Office	Oponeo	4,9 zł	8848488	2 kg
31	Zapach do samochodu Cytryna	429	Zapach do samochodu zawieszany cytrynowy	Car	Oponeo	4,99 zł	1239993	1 kg
30	Zestaw opon zimowych 14"	3	Zestaw opon 14 cali	Car	Oponeo	490 zł	2349994	40 kg
29	Papier ksero Xerox Economy	450	Papier do ksero Xerox	Office	Oponeo	9,99 zł	90990909	25 kg
28	Kawa Jacobs Premium 500g	4	Kawa ziarnista Jacobs	Office	Oponeo	17,99 zł	69050000	1 kg

Rys. 7. Tabela z produktami.

Numer	Klient	Produkt	Ilość	Kwota	Status	Metoda wysyłki
10	Andrzej Kowalski Enter	Lodówka Samsung Chrome	1	999,00 zł + koszt wysyłki: 8,99	Przyjęte	Paczkomaty
11	Lukasz Świąt Wizualne	Apteczka biała	20	1580,00 zł + koszt wysyłki: 0	Odrzucono	Odbiór osobisty
13	Andrzej Kowalski Enter	Lataarki Led Energizer	54	269,46 zł + koszt wysyłki: 1,5	Wysłano	Kurier
28	Lukasz Świąt Wizualne	Lodówka Samsung Chrome	4	3996,00 zł + koszt wysyłki: 1,5	W realizacji	Kurier

Ustaw status:

Przyjęte

W realizacji

Wysłano

Odrzucono

Zapisz

Zamknij

Rys. 8. Okno status.

4. Dyskusja

Analiza konkurencji wykazała, że obecnie BaseLinker, zdobywający popularność w ostatnim czasie, jest jednym z najbardziej obiecujących systemów. Oferuje szeroką integrację z platformami sprzedażowymi oraz modułami kurierskimi, umożliwiając realizację całego procesu zamówienia w jednym oknie. Jego główną zaletą jest automatyzacja procesów, jednak brakuje mu funkcji związanych z zarządzaniem magazynem. System opiera się na synchronizacji – integruje produkty i zamówienia z innych platform, lecz pozwala na wystawianie jedynie faktur i paragonów. Te ograniczenia sprawiają, że choć BaseLinker jest dobrym rozwiązaniem, to nie stanowi systemu ERP. Niemniej jednak, stanowi doskonały przykład podejścia do tworzenia tego typu oprogramowania. Drugim znaczącym produktem na rynku jest Subiekt, który w przeciwieństwie do BaseLinkera dostępny jest jedynie w wersji desktopowej, co uniemożliwia pracę poza biurem bez użycia zdalnego pulpitu. Mimo to, Subiekt oferuje niemal wszystkie niezbędne funkcje do prowadzenia sprzedaży – umożliwia wystawianie różnorodnych dokumentów przyjęć, wydań oraz tych związanych z księgowością. Posiada również szerokie możliwości edycji danych kontrahentów, produktów i innych elementów. Jednak jego słabością jest brak integracji z zewnętrznymi platformami.

Zaobserwowane mocne strony, słabe strony, szanse, zagrożenia proponowanego rozwiązania przedstawia tabela 1.

System informatyczny do obsługi magazynu, oparty na zaprojektowanym i zabezpieczonym API oraz nowoczesnych językach programowania, stanowi program o dużym potencjale rozwojowym. Jego skalowalna i przejrzysta struktura ułatwia dalsze utrzymanie aplikacji. Dzięki zastosowaniu React, system zapewnia wieloplatformowość, co jest obecnie kluczowym wymogiem dla nowoczesnych aplikacji. Działa identycznie na urządzeniach mobilnych i stacjonarnych, co otwiera szerokie możliwości dla firm, które potrzebują systemu

nie tylko w magazynach, ale także w samochodach dostawczych czy na urządzeniach mobilnych pracowników [10, 11].

Zaawansowane zabezpieczenia serwerowe oraz indywidualne serwery sprawiają, że system może być wdrażany w firmach kładących szczególny nacisk na bezpieczeństwo danych. Każda firma korzystająca z systemu będzie posiadała własną, odrębną bazę danych, umieszczoną na osobno zabezpieczonym serwerze, co minimalizuje ryzyko utraty danych [8].

Interfejs aplikacji został zaprojektowany z myślą o czytelności, prezentując kluczowe informacje o stanie magazynu na każdym etapie pracy. Intuicyjna przeglądarka w czasie rzeczywistym pokazuje wyniki wyszukiwania niezależnie od miejsca działania systemu, co czyni go szybkim i prostym w obsłudze. Dodatkowo, regularne zapytania do bazy danych po każdej akcji zabezpieczają system przed utratą danych, dzięki czemu przerwanie połączenia z Internetem nie skutkuje utratą bieżących działań [7].

4.1. Ograniczenia opracowanego systemu

Utworzenie systemu magazynowego na dedykowanym serwerze, wykorzystującego nową w tym sektorze technologię React, przy ograniczonym budżecie i zasobach programistycznych, wiązało się z wieloma problemami i ograniczeniami. Aplikacja, testowana wielokrotnie, wykazywała pewne ułomności wymagające refaktoryzacji i ulepszeń. Praca w środowisku lokalnym niosła dodatkowe wyzwania, takie jak niestandardowe stylizowanie elementów aplikacji oraz problemy z polityką CORS (*Cross-Origin Resource Sharing*), która blokowała niezaufane połączenia. Zastosowano obejścia, w tym modyfikacje back-endu i rozszerzenia przeglądarki. Problemem okazał się również układ graficzny typu „dashboard”, trudny do skalowania bez utraty czytelności i łatwego dostępu do elementów programu. Zmniejszenie panelu nawigacyjnego do jednego przycisku było dobrym rozwiązaniem, ale nie idealnym [4, 5, 9, 14].

Tabela 1
Analiza SWOT (mocne strony, słabe strony, szanse, zagrożenia) projektu.

	Mocne strony	Słabe strony
Wewnętrzne	<ul style="list-style-type: none"> – własny serwer oraz baza danych, – aplikacja w nowoczesnej technologii, – dynamiczne komponenty, wpływające na szybkość i lekkość aplikacji, – dobrze rozwinięte API, – funkcjonalność dostosowana do wielu rodzajów sprzedaży, – automatyzacja procesów, – integracje z dostawcami, – nowoczesny i czytelny wygląd, – wielojęzyczność, – wieloplatformowość. 	<ul style="list-style-type: none"> – wysokie koszty utrzymania deweloperów sprawujących opiekę nad rozwojem aplikacji, – regularne aktualizowanie funkcji do potrzeb przeglądarek.
	Szanse	Zagrożenia
Zewnętrzne	<ul style="list-style-type: none"> – rosnące zapotrzebowanie na nowoczesne systemy ERP, – możliwość rozwijania aplikacji, – zwiększenie popularności sprzedaży internetowej. 	<ul style="list-style-type: none"> – duża konkurencja z wypracowanym zaufaniem, – kosztowność utrzymania, – ryzyko ataków hackerskich, – utrata wsparcia lub powstanie lepszego frameworka, który wyprze aplikacje oparte na React.

4.2. Kierunki modernizacji i rozwoju systemu

Projektowany system, będący prototypem aplikacji magazynowej, został zaplanowany z myślą o dalszym rozwoju, aby stać się konkurencyjnym i użytecznym na rynku. Kluczowe plany rozwojowe obejmują integrację kurierską, która pozwoli na automatyczne generowanie listów przewozowych po złożeniu zamówienia. Dalsze modyfikacje obejmą obsługę wielu firm w jednej bazie danych, z zapewnieniem odpowiedniego bezpieczeństwa danych. Planowane jest również wprowadzenie wielojęzyczności (polski i angielski) oraz rozbudowę funkcji zamówień, w tym integrację z kamerami do monitorowania procesu pakowania i skanerami EAN. Ponadto, aplikacja zostanie wzbogacona o klienta pocztowego z możliwością edytowania szablonów wiadomości oraz o integrację z systemami CRM (*Customer Relationship Management* – zarządzanie relacjami z klientami), takimi jak Subiekt i Symfonia, aby ułatwić obsługę zamówień i synchronizację z programami księgowymi. Planowany rozwój obejmuje także panel do zarządzania użytkownikami z poziomu aplikacji, wprowadzenie dodatkowych opcji do zarządzania zamówieniami i produktami, a także przekształcenie systemu w rozwiązanie komercyjne obsługujące wielu klientów [1, 2].

5. Wnioski

Proponowana aplikacja jest niskobudżetowa, co jest ważne dla małego przedsiębiorstwa, ale ma wszystkie funkcje oraz jest poprawnie zaprojektowana i zabezpieczona. Program umożliwiający wykonywanie kluczowych zadań w pracy magazynu został zaprojektowany w nowoczesnej technologii i działa poprawnie. Posiada solidne zabezpieczenia oraz autorski back-end i front-end, a także jest kompatybilny z przeglądarkami i systemami mobilnymi. Biorąc pod uwagę koszty utworzenia pełnej wersji systemu na bazie obecnego prototypu, można stwierdzić, że program jest skalowalny i napisany w sposób intuicyjny, co zmniejsza zapotrzebowanie na dużą liczbę programistów, czyniąc go konkurencyjnym pod względem kosztów utrzymania. W przypadku indywidualnego wdrożenia, cena zależałaby od mocy serwera, jednak obecny serwer o niskich kosztach potrafi obsłużyć firmę o średnim ruchu, wynoszącym około 300 zamówień dziennie, bez problemów w działaniu.

Literatura

[1] Briken K., Moore J., Scholarios D., Rose E., Sherlock A., *Industry 5 and the human in human-centric manufacturing*, *Sensors*, 23, 14, 6416, 2023.

- [2] Ficzer D., Varga P., Wippelhauser A., Hejazi H., Csernyava O., Kovács A., Hegedűs C., *Large-scale cellular vehicle-to-everything deployments based on 5G-critical challenges, solutions, and vision towards 6G: A survey*, *Sensors*, 23, 16, 7031, 2023.
- [3] Frankó A., Vida G., Varga P., *Reliable identification schemes for asset and production tracking in Industry 4.0*, *Sensors*, 20, 13, 3709, 2020.
- [4] Jandl C., Wagner M., Moser T., Schlund S., *Reasons and strategies for privacy features in tracking and tracing systems – a systematic literature review*, *Sensors*, 21, 13, 4501, 2021.
- [5] Jarašūnienė A., Čižiūnienė K., Čereška A., *Research on impact of IoT on warehouse management*, *Sensors*, 23, 4, 2213, 2023.
- [6] Kautz K., Thaysen K., *Knowledge, learning and IT support in a small software company*, *J. Knowl. Manag.*, 5, 4, 349–357, 2001.
- [7] Kotlarz P., Kempinski M., Piszcz A., Galas K., Melnyk N., *Koncepcja uniwersalnej platformy mobilnej, raport części wyników z grantu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”*, *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej*, 15, 1, 33–38, 2023.
- [8] Małolepsza O., *Metody adaptacji systemów wiedzy opartej na zbiorach rozmytych*, *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej*, 15, 1, 11–19, 2023.
- [9] Rojek I., *Wspomaganie procesów podejmowania decyzji i sterowania w systemach o różnej skali złożoności z udziałem metod sztucznej inteligencji*, Bydgoszcz, Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, 2010.
- [10] Rojek I., *Technological process planning by the use of neural networks*, *AI EDAM*, 31, 1, 1–15, 2017.
- [11] Rojek I., Dostatni E., Mikołajewski D., Pawłowski L., Wegrzyn-Wolska K., *Modern approach to sustainable production in the context of Industry 4.0*, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 70, 6, e143828, 2022.
- [12] Samek M., *Nowoczesne technologie i systemy ERP w przemyśle 4.0: Obszary zastosowań i korzyści dla produkcji*, <https://bpc-guide.pl/nowoczesne-technologie-i-systemy-erp-w-przemysle-4-0-obszary-zastosowan-i-korzysci-dla-produkcji/>, dostęp: 10.09.24.
- [13] Tubis A.A., Rohman J., *Intelligent Warehouse in Industry 4.0-Systematic Literature Review*, *Sensors*, 23, 8, 4105, 2023.
- [14] Zhang R., Zhou X., Jin Y., Li J., *Research on intelligent warehousing and logistics management system of electronic market based on machine learning*, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 2076591, 2022.