



Fundusze Europejskie
dla Mazowsza



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Mazowsze.
serce Polski



ARTEX IT

Końcowy Raport z Realizacji Zadania Badawczego

Nazwa podmiotu realizującego projekt: "ARTEX IT" ARTUR GREGORCZYK

Numer projektu: FEMA.01.01-IP.01-02IN/24

Tytuł projektu: System identyfikacji zachowań pracowników za pomocą wizji z wykorzystaniem modeli AI

Okres sprawozdawczy: 01.03.2025 – 31.08.2025

1. Wprowadzenie

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie postępu prac badawczych zrealizowanych w ramach zadania pt.: "Budowa modelu danych czasowo-przestrzennych w ramach eksperymentalnych prac rozwojowych".

Hipoteza badawcza zakłada, że zintegrowany model danych przestrzenno-czasowych oparty na analizie informacji z wielu kamer oraz systemów sygnałowych (ERP, iBeacon) zwiększa dokładność lokalizacji i identyfikacji osób w środowisku przemysłowym.

2. Opis Zaplanowanych Prac Badawczych

W okresie przewidzianym harmonogramem projektu realizację zadania podzielono na pięć etapów badawczych.

01	02	03
Przygotowanie danych sygnalnych — zbieranie materiału z kamer przemysłowych, systemów ERP, RFID oraz iBeacon; oczyszczanie i wstępna detekcja i segmentacja obiektów	Wybór architektury modelu AI — trening z technikami regularyzacji, augmentacji danych oraz optymalizacji hiperparametrów	Weryfikacja systemu wizyjnego i korelacja danych — testowanie modelu na niezależnym zbiorze walidacyjnym oraz analiza wzajemnych zależności między danymi z różnych źródeł
04	05	
Optymalizacja i dostrajanie modelu — modyfikacja architektury oraz walidacja krzyżowa w celu oceny stabilności	Skalowanie i integracja rozwiązania — wdrożenie modelu do środowiska operacyjnego oraz testy w warunkach rzeczywistego środowiska produkcyjnego	

3. Zakres Zrealizowanych Działań

3.1 Przygotowanie Danych Sygnalnych – Zbieranie Danych

W okresie badań wdrożono system akwizycji danych oparty na 12 kamerach przemysłowych w testowym obiekcie przy ul. Natolińska 52 w Radomiu, zintegrowany z siecią iBeacon oraz bazą ERP, co umożliwiło utworzenie wielomodalnego strumienia danych czasowo-przestrzennych.

12 kamer przemysłowych rozmieszczonych w kluczowych strefach obiektu	Sieć iBeacon + ERP wielomodalny strumień danych czasowo- przestrzennych	15-minutowe sekwencje podział nagrań do trenowania modeli
---	---	--

W ramach prac zgromadzono dane odpowiadające tygodniowemu cyklowi produkcyjnemu, obejmujące standardową produkcję, przestoje technologiczne, operacje logistyczne oraz sytuacje nietypowe. Materiał podzielono na potrzeby trenowania modeli w 15-minutowe sekwencje, równolegle rejestrując dane lokalizacyjne z systemu iBeacon oraz zdarzenia procesowe z systemu ERP.

Zgromadzone dane poddano kompleksowemu procesowi oczyszczania i normalizacji. Kluczowym elementem było zsynchronizowanie wszystkich źródeł do wspólnej osi czasu, co umożliwiło późniejszą korelację zdarzeń z różnych systemów.

Filtracja i Normalizacja Sygnału iBeacon

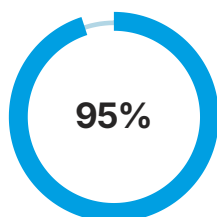
Dane z nadajników iBeacon poddano filtracji i normalizacji RSSI z użyciem filtru Savitzky–Golay w oknie 5-pomiarowym oraz korekcji kompensacyjnej opartej na kalibracji empirycznej z pomiarów kontrolnych.

1 Funkcja tłumienia $P(d) = P_o - 10n \cdot \log_{10}(d/d_o)$, gdzie $n = 1,65-1,85$	2 Dokładność odwzorowania odległości $\pm 0,3$ m w zakresie do 3 m	3 Średnia krocząca Średnia krocząca z wagami malejącymi: $\alpha = 0,2$
---	--	---

Nadajniki rozmieszczono w sposób zapewniający gęstość sygnału w obszarach roboczych — szczególnie w rejonach stołów produkcyjnych i pakowalni. Analiza wykazała, że dokładność lokalizacji była najwyższa dla odległości poniżej 2 m. Na przygotowanych danych uruchomiono wstępną detekcję obiektów z wykorzystaniem modeli YOLOv5 i YOLOv8, identyfikując osoby oraz obiekty ruchome w środowisku produkcyjnym.

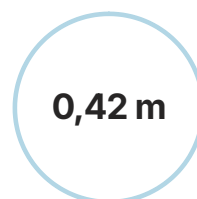
4. Podsumowanie

Zrealizowane prace badawcze potwierdzają postawioną hipotezę, zgodnie z którą zintegrowany model danych przestrzenno-czasowych oparty na analizie informacji z wielu kamer oraz systemów sygnałowych (ERP, iBeacon) zwiększa dokładność lokalizacji i identyfikacji osób w środowisku przemysłowym. Opracowane modele detekcji i segmentacji osiągnęły założoną skuteczność w analizie danych wideo, a wdrożony mechanizm automatycznej adnotacji z wykorzystaniem SAM i DeepSORT umożliwił utworzenie ustandaryzowanego zbioru treningowego.



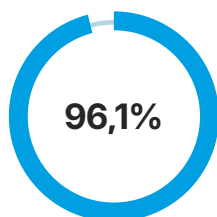
Dokładność lokalizacji wizyjnej (CIA)

Przekracza wymagane kryterium 90%



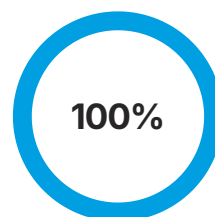
Błąd lokalizacji iBeacon (RMSE)

Spełnia kryterium $\leq 0,5$ m na powierzchni 100 m^2



Dokładność systemu multimodalnego

Kamera + iBeacon łącznie



Pokrycie obszaru obserwacji

Pełne pokrycie zakładanej powierzchni

Kluczowe Osiągnięcia

Model AI (YOLOv8-pose)

Skuteczna detekcja i lokalizacja osób w czasie rzeczywistym z estymacją pozy ciała; automatyczna adnotacja SAM+DeepSORT skróciła czas przygotowania danych

Fuzja danych multimodalnych

Integracja wizji z iBeacon i ERP zapewniła synchronizację czasową i odporność na zakłócenia środowiskowe; system multimodalny przewyższa każdy moduł z osobna

Gotowość do skalowania

Architektura umożliwia rozszerzenie o kolejne kamery i strefy bez modyfikacji infrastruktury; testy w rzeczywistym środowisku produkcyjnym zakończone sukcesem

Najlepsze wyniki dokładności uzyskano w module wizyjnym, który charakteryzuje się większą stabilnością pomiarów oraz mniejszą podatnością na zakłócenia środowiskowe w porównaniu z technologią iBeacon. System spełnił wszystkie zakładane wskaźniki weryfikacji zadania.