

Kurs 1: Rolnictwo  
cyfrowe i rolnictwo  
precyzyjne

M2: Urządzenia IoT,  
czujniki, siłowniki,  
przetworniki



[www.smartskillsproject.eu](http://www.smartskillsproject.eu)

# Efekty kształcenia

W tym module zapoznasz się z **podstawowymi elementami zautomatyzowanych systemów sterowania w rolnictwie**, w tym z czujnikami, sterownikami i siłownikami, a także nauczysz się wyjaśniać, w jaki sposób **elementy te współdziałają** w celu optymalizacji różnych czynności rolniczych.

Uczestnicy kursu zdobędą również wiedzę na temat **zasad działania i zastosowań systemów SCADA oraz sterowników PLC** w rolnictwie.

## Zrozumiesz...

...role i znaczenia systemów sterowania we współczesnym rolnictwie.

## Poznasz...

...kluczowe elementy systemów sterowania, w tym czujniki, sterowniki i siłowniki.

## Dowiesz się...

...jakie są podstawowe funkcje systemów SCADA i PLC w automatyce rolniczej.

# Spis treści

Moduł pomoże uczestnikom w ocenie roli automatyzacji w zwiększaniu wydajności, precyzji i produktywności w takich zadaniach, jak nawadnianie i monitorowanie upraw.

Po ukończeniu modułu uczestnicy będą potrafili ocenić szerszy wpływ automatyzacji na współczesne praktyki rolnicze oraz jej potencjał w zakresie transformacji przemysłu.

---

**01** Wprowadzenie

---

**02** Urządzenia IoT

---

**03** Dane osobowe podczas skanowania

---

**04** Ćwiczenie

---



Licencja umożliwia użytkownikom ponowne wykorzystywanie, rozpowszechnianie, modyfikowanie i tworzenie dzieł pochodnych na podstawie tych materiałów w dowolnym nośniku lub formacie, pod warunkiem wskazania autora. Licencja zezwala na wykorzystanie w celach komercyjnych. Licencja CC BY obejmuje następujące elementy: BY: należy wskazać autora.



Co-funded by  
the European Union

Projekt został sfinansowany przy wsparciu Komisji Europejskiej. Wyłącznie odpowiedzialność za publikację (komunikat) ponosi autor, a Komisja nie ponosi żadnej odpowiedzialności za wykorzystanie informacji w niej zawartych. Zgodnie z nowymi przepisami RODD informujemy, że Partnerstwo będzie przetwarzać Państwa dane osobowe wyłącznie w interesie i na potrzeby projektu, bez naruszania Państwa praw.

01

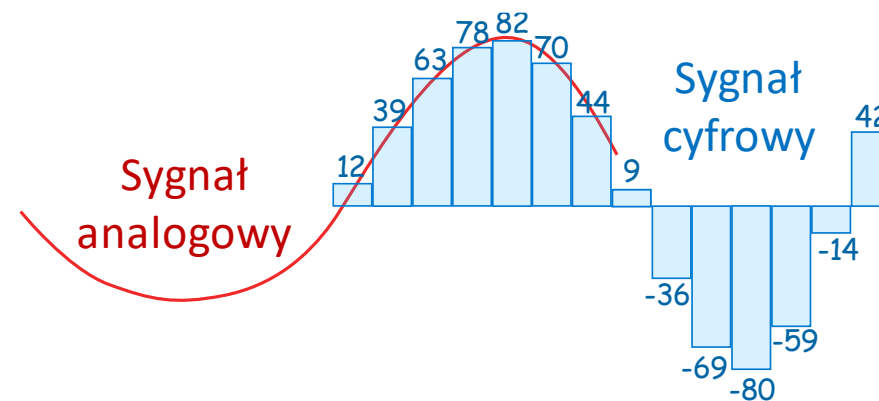
## WPROWADZENIE



# Od techniki analogowej do cyfrowej: co to jest cyfryzacja

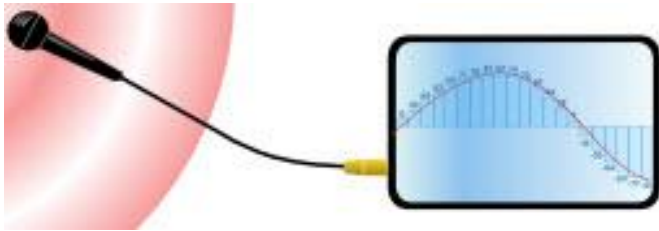
Cyfryzacja to proces przekształcania sygnałów analogowych – takich jak pokazana na rysunku płynna czerwona fala sinusoidalna – do postaci cyfrowej, reprezentowanej przez dyskretne wartości liczbowe. Polega to na próbkowaniu sygnału analogowego w regularnych odstępach czasu i przypisywaniu każdej próbce liczby odzwierciedlającej jej amplitudę. Wynikiem jest seria wartości, takich jak 12, 39, 63 itd., które razem tworzą cyfrowe przybliżenie oryginalnej fali. Ta transformacja pozwala na bardziej wydajne oraz niezawodne przechowywanie, przetwarzanie i przesyłanie danych w systemach cyfrowych.

Podobny proces cyfryzacji polega na przekształceniu obrazu analogowego – na przykład zdjęcia psa – w dane cyfrowe za pomocą aparatu fotograficznego, który przekształca informacje wizualne na numeryczne wartości kolorów.



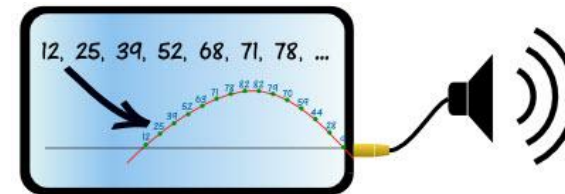
# Wzajemne oddziaływanie urządzeń elektronicznych i otoczenia

Proces cyfryzacji i jego odwrotność – aktuacja – łączą świat fizyczny ze światem cyfrowym. Po lewej stronie urządzenia takie jak mikrofony, skanery 3D, aparaty fotograficzne i termometry rejestrują dane ze świata rzeczywistego i przekształcają je w sygnały cyfrowe („rzeczywistość → wirtualność”). Po prawej stronie dane cyfrowe są przekształcane z powrotem w fizyczne działania lub rezultaty za pomocą urządzeń takich jak głośniki, drukarki 2D/3D, silniki elektryczne i przekaźniki („wirtualność → rzeczywistość”). Ta dwukierunkowa interakcja umożliwia płynne funkcjonowanie technologii takich jak inteligentne domy, robotyka i rzeczywistość wirtualna.



**rzeczywistość → wirtualność**

mikrofon  
skaner 3D  
aparat fotograficzny  
termometr

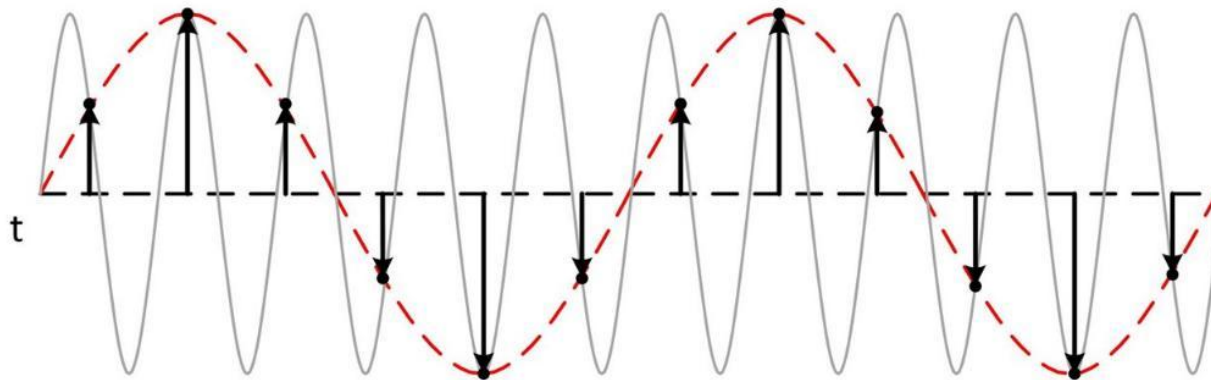


**wirtualność → rzeczywistość**

głośnik  
drukarka 2D/3D  
silnik elektryczny  
przełącznik

# Twierdzenie Shannona-Kotielnikowa (twierdzenie o próbkowaniu)

Twierdzenie to mówi, że sygnał ciągły (analogowy) można idealnie odtworzyć na podstawie jego próbek, o ile częstotliwość próbkowania jest co najmniej **dwukrotnie większa od najwyższej częstotliwości** występującej w sygnale. Tę minimalną częstotliwość próbkowania nazywa się **częstotliwością Nyquista**. Ilustracja przedstawia to na przykładzie płynnej fali analogowej próbkowanej w regularnych odstępach czasu. Czerwona linia przerywana pokazuje, w jaki sposób można dokładnie odtworzyć oryginalny sygnał na podstawie tych próbek, co dowodzi, że przy prawidłowym próbkowaniu nie dochodzi do utraty informacji.



02


URZĄDZENIA IoT



# Klasyfikacja urządzeń IoT według konstrukcji i zastosowania

Urządzenia można podzielić na kategorie według ich **konstrukcji technicznej** oraz **obszaru zastosowania**.

## Według konstrukcji technicznej

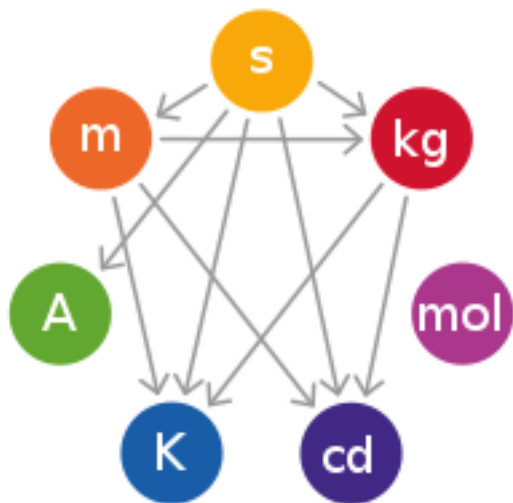
- Stopień ochrony urządzenia: IP, IK, 
- Sposób zasilania (230V, 5/12/24V, akumulator)
- Sposób przesyłania danych (rejestrator danych, przewodowy, bezprzewodowy szerokopasmowy, bezprzewodowy LPWAN)

## Według obszaru zastosowania

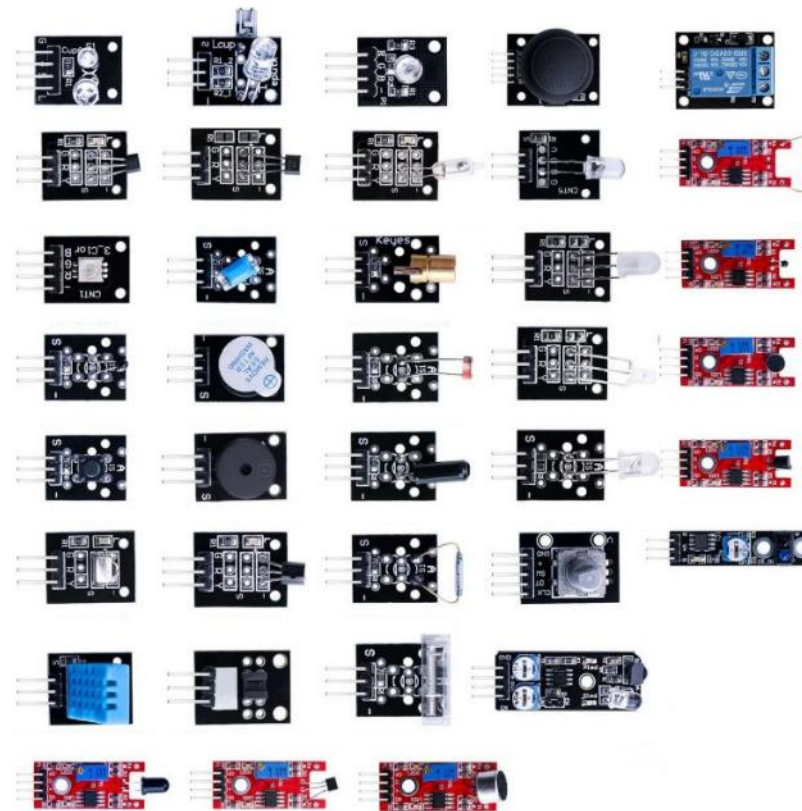
- Do użytku profesjonalnego (w przemyśle, transporcie itp.)
- Do użytku domowego
- Do badań, rozwoju i testowania

# Fizyczne zasady działania czujników

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI) stanowi podstawę pomiaru wielkości fizycznych, takich jak długość, masa, czas i temperatura. Różnorodne czujniki i moduły – takie jak czujniki temperatury, detektory gazu i czujniki tętna – przekształcają zjawiska zachodzące w rzeczywistości w dane mierzalne w oparciu o te jednostki.



- Czujnik uderzenia
- Czujnik wibracji
- Czujnik fotorezystorowy
- Czujnik temperatury
- Czujnik Halla
- Czujnik magnetyczny
- Czujnik optyczny
- Moduł bariery iskrobezpiecznej
- Czujnik tętna
- Przełącznik mocy 5V
- Czujnik gazu
- I wiele innych...



# Końcowy projekt mechaniczny

Na zdjęciu przedstawiono różne czujniki wykorzystywane w rolnictwie i monitorowaniu środowiska, takie jak stacje pogodowe, czujniki wilgotności gleby oraz czujniki temperatury i wilgotności. Urządzenia te pomagają gromadzić dane w czasie rzeczywistym, co sprzyja wydajnemu prowadzeniu gospodarstw rolnych i zrównoważonemu zarządzaniu środowiskiem.



# Studium przypadku: Integracja stacji pogodowej z systemem zarządzania gospodarstwem

Rolnicy często opierają się na prognozach regionalnych, które mogą nie odzwierciedlać mikroklimatu panującego na ich terenach. Stacje pogodowe IoT zainstalowane bezpośrednio w gospodarstwie mogą monitorować opady deszczu, temperaturę, prędkość wiatru, wilgotność i ciśnienie. Dane te są integrowane z platformami do zarządzania gospodarstwem, co pozwala podejmować lepsze decyzje dotyczące siewu, stosowania pestycydów i terminów zbiorów. Czujniki pogodowe muszą jednak być wytrzymałe i dokładne, a dane muszą być poddawane wzajemnej weryfikacji, aby zapobiec błędowi przy podejmowaniu kluczowych decyzji.

**Problem:** zmienność pogody wpływa na działalność gospodarstw rolnych

**Rozwiązanie:** lokalne stacje pogodowe IoT połączone z cyfrowymi pulpitemi nawigacyjnymi

**Wykorzystanie danych:** przy podejmowaniu decyzji dotyczących siewu, oprysków i zbiorów

**Korzyści:** większa precyzja czasowa i mniejsze ryzyko

**Wyzwania:** weryfikacja danych, odporność czujników na trudne warunki pogodowe

# Przykład czujnika IoT

## Stacja pogodowa IoT

Dokładna, niezawodna i stale monitorująca pogodę

WTS506

- Kompleksowa stacja pogodowa
- Solidna i wytrzymała
- Różnorodne możliwości zastosowania
- Łatwa konfiguracja za pomocą NFC
- Zasilanie energią słoneczną i akumulatory rezerwowe
- Przechowywanie i retransmisja danych
- Oparte na technologii LoRaWAN®



**LoRaWAN**<sup>®</sup>

# Studium przypadku: Czujnik światła do monitorowania upraw

Natężenie światła odgrywa kluczową rolę we wzroście roślin i fotosyntezie. W rolnictwie do pomiaru ilości światła docierającego do roślin wykorzystuje się czujniki światła, takie jak czujniki PAR (promieniowania fotosyntetycznie czynnego) lub czujniki LUX. Czujniki te pomagają zoptymalizować warunki uprawy w szklarniach oraz monitorować zacienienie lub nasłonecznienie na polach otwartych. Rolnicy mogą wykorzystywać te dane do sterowania systemami zacieniania lub włączania oświetlenia uzupełniającego. Dokładne rozmieszczenie i kalibracja mają zasadnicze znaczenie dla uzyskania miarodajnych wyników, zwłaszcza w środowiskach zróżnicowanych.

**Problem:** brak danych w czasie rzeczywistym dotyczących warunków oświetleniowych wpływa na jakość plonów

**Rozwiązanie:** czujniki światła (np. PAR lub LUX) monitorujące natężenie światła

**Stosowane w:** szklarniach i uprawach polowych w celu optymalizacji wzrostu roślin

**Korzyści:** odpowiednie zacienianie, oświetlenie uzupełniające, kontrola jakości upraw

**Wyzwania:** umiejscowienie czujników, interpretacja danych, kalibracja

# Przykład czujnika IoT



- Zakres pomiarowy od 0 do 100 000 luksów
- Szybki czas reakcji wynoszący 1 sekundę zapewniający dokładny monitoring
- Stopień ochrony IP67 dostosowany do trudnych warunków środowiskowych
- Bezprzewodowa technologia LoRaWAN® o niskim zużyciu energii
- Integralność danych i łatwe zarządzanie
- Długa żywotność baterii – nawet do 10 lat
- Łatwa konfiguracja za pomocą NFC

# Studium przypadku: Inteligentny monitoring gleby

Tradycyjne pobieranie próbek gleby może być pracochłonne i dostarczać jedynie dane punktowe. Dzięki inteligentnym czujnikom polowym rolnicy mogą na bieżąco monitorować parametry gleby, takie jak wilgotność, temperatura i przewodność elektryczna (EC). Czujniki te przesyłają dane do platformy w chmurze za pośrednictwem sieci LPWAN (np. LoRaWAN), umożliwiając podejmowanie w odpowiednim czasie decyzji dotyczących nawadniania i nawożenia. Jednak utrzymanie dokładności czujników w dłuższej perspektywie czasowej oraz zapewnienie niezawodnych źródeł zasilania (np. energii słonecznej lub baterii) pozostaje wyzwaniem.

**Problem:** ręczne badanie gleby jest czasochłonne i daje niejednolite wyniki

**Rozwiązanie oparte na IoT:** czujniki glebowe montowane na polu (wilgotność, temperatura, przewodność elektryczna), gromadzenie danych w czasie rzeczywistym i przechowywanie w chmurze

**Korzyści:** zoptymalizowane nawadnianie i nawożenie

**Wyzwania:** kalibracja czujników, konserwacja, źródło zasilania

# Przykład czujnika IoT

## Czujnik wilgotności gleby, temperatury i przewodności elektrycznej

Dokładne, niezawodne monitorowanie stanu gleby w czasie rzeczywistym

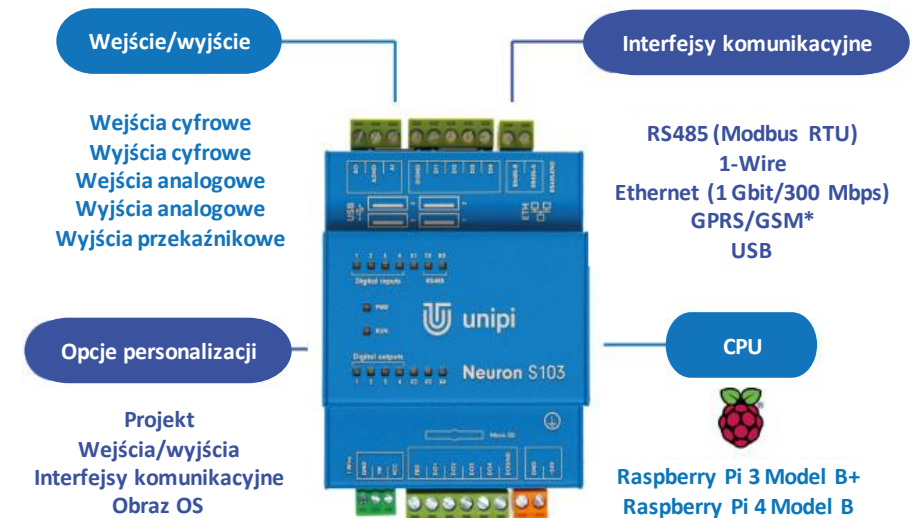
EM500\_SMT



- Bezproblemowa integracja z inteligentnymi systemami nawadniającymi
- Czujnik o stopniu ochrony IP67, przeznaczony do pracy w trudnych warunkach
- Sonda o stopniu ochrony IP68, odporna na korozję
- Integralność danych i łatwe zarządzanie
- Długa żywotność baterii – nawet do 10 lat
- Łatwa konfiguracja za pomocą NFC

# Interfejs w czujnikach i układach sterowania

- Wejścia/wyjścia cyfrowe
- Wejścia/wyjścia analogowe
- Komunikacja szeregową z czujnikami (magistrala)
- Interfejs komunikacyjny urządzeń
  - **Ethernet, łączność bezprzewodowa itp.**



Rysunek dotyczący sterowników PLC (programowalnych sterowników logicznych) jest opisany pod adresem <https://www.unipi.technology/>

# Urządzenie sterujące IoT (PLC)

Urządzenia sterujące IoT, takie jak **sterowniki programowalne** (PLC na rysunku), odgrywają kluczową rolę we współczesnych systemach automatyki, łącząc czujniki, siłowniki i usługi w chmurze. Urządzenia te gromadzą dane z otoczenia fizycznego, przetwarzają je w czasie rzeczywistym i uruchamiają działania w oparciu o z góry zdefiniowaną logikę. Dzięki integracji z IoT sterowniki PLC umożliwiają **zdalne monitorowanie, przewidywalną konserwację oraz bezproblemową integrację** z inteligentną infrastrukturą, co czyni je niezbędnymi w branżach takich, jak produkcja, rolnictwo, energetyka i inteligentne budynki.



# „Przemysłowe” bezprzewodowe czujniki IoT

- Większość urządzeń posiada wyższą odporność.
- Rozmiar urządzenia powinien być w miarę możliwości jak najmniejszy.
- Prosta wymiana baterii nie zawsze jest standardem.
- Konfiguracja urządzenia jest określona przez producenta.
- Urządzenia peryferyjne (czujniki) są zazwyczaj podłączane zewnętrznie.
- Zazwyczaj dobrze zabezpieczone.



# IoT na potrzeby precyzyjnych pomiarów

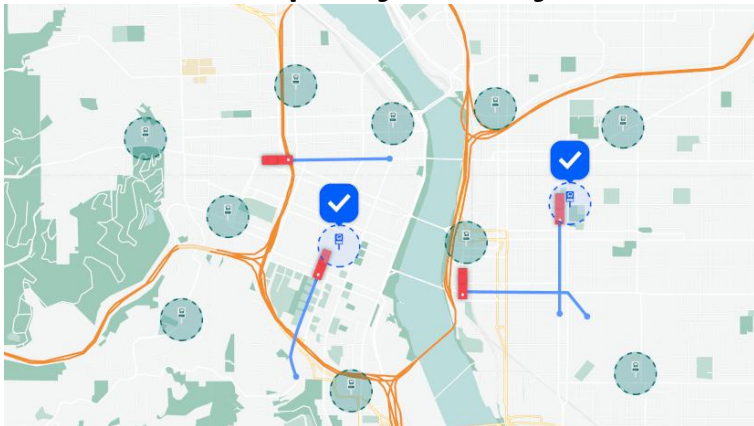
Internet rzeczy (IoT) umożliwia precyzyjne i ciągłe monitorowanie warunków fizycznych za pośrednictwem sieci połączonych czujników i urządzeń. Dzięki gromadzeniu danych w czasie rzeczywistym dotyczących takich parametrów, jak temperatura, wilgotność, ciśnienie i ruch, systemy IoT zapewniają wysoką dokładność i niezawodność w takich dziedzinach, jak monitorowanie środowiska, inteligentne rolnictwo, automatyka przemysłowa i opieka zdrowotna. Pomiarów te wspierają podejmowanie decyzji opartych na danych, konserwację predykcyjną oraz poprawę wydajności operacyjnej.

- Wielkości są mierzone z wysoką rozdzielczością i dokładnością.
- Czujniki muszą być regularnie kalibrowane.
- Zakłócające wartości są maskowane.

# Urządzenie IoT do lokalizacji

Urządzenia IoT do lokalizacji wykorzystują technologie takie jak GPS, GNSS, Wi-Fi, Bluetooth lub ultraszerokie pasmo (UWB) do określania dokładnej lokalizacji obiektów, osób lub zasobów w czasie rzeczywistym. Urządzenia te mają kluczowe znaczenie w takich zastosowaniach, jak monitorowanie pojazdów, inteligentna logistyka, rolnictwo i nawigacja wewnątrz budynków, gdzie dokładne i ciągłe dane dotyczące lokalizacji wspierają automatyzację, bezpieczeństwo i wydajność operacyjną.

- Dlatego nazywane są „urządzeniami śledzącymi IoT” (na rysunku B)
  - Specjalizacja w zakresie określania położenia śledzonego obiektu.



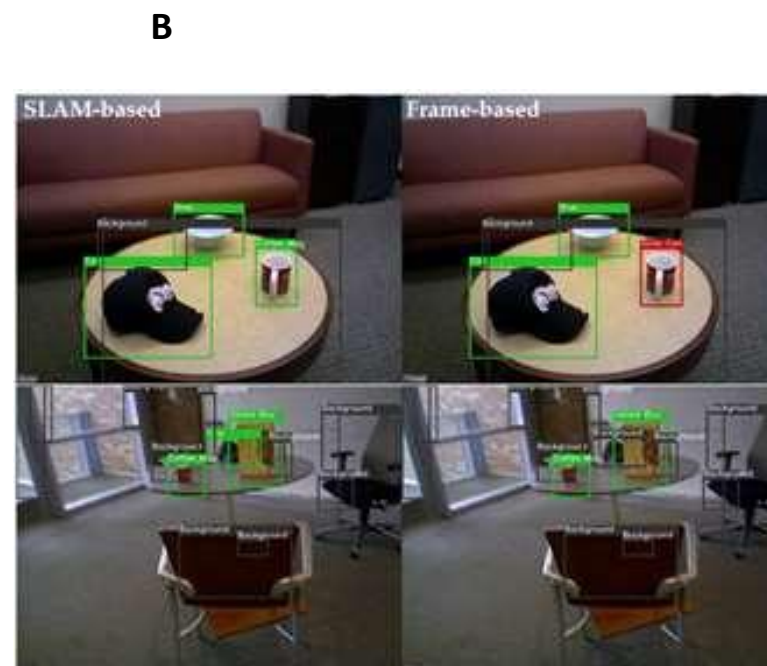
Rys. A: Położenie śledzonego obiektu.



Rys. B: Urządzenie śledzące IoT.

# Kamery IoT

- Umiejętność rozpoznawania obiektów
- Uniwersalne zastosowanie
  - Samochody autonomiczne
  - Numer rejestracyjny (A)
  - Procesy produkcyjne (B)
    - kontrola jakości
    - liczenie towarów
  - Pomiar temperatury (C)
    - problem warunków oświetleniowych



# Wykorzystanie urządzeń IoT i czujników w rolnictwie precyzyjnym



Więcej informacji na temat **IoT**

← [Inteligentne rolnictwo z wykorzystaniem IoT: Poprawa kondycji gleby dzięki technologii IoT](#)

03

## DANE OSOBOWE PODCZAS SKANOWANIA



# Dane osobowe podczas skanowania

Kwestie dotyczące danych osobowych zgodnie z przepisami RODO

Zgodnie z RODO dane osobowe oznaczają wszelkie informacje dotyczące zidentyfikowanej lub możliwej do zidentyfikowania osoby fizycznej (tzw. osoby, której dane dotyczą), takie jak imię i nazwisko, numer identyfikacyjny, dane dotyczące lokalizacji, jeden lub więcej szczególnych elementów tożsamości fizycznej, fizjologicznej, genetycznej, psychicznej, ekonomicznej, kulturowej lub społecznej, a nawet identyfikator sieciowy.



# Studium przypadku: RODO a własność danych w rolnictwie cyfrowym

Wielu rolników martwi się o to, gdzie trafiają ich dane – zwłaszcza te pochodzące z czujników zainstalowanych na polach i maszynach. Niektóre przypadki wskazują, że dostawcy przechowują dane w chmurze i wykorzystują je do celów komercyjnych, co budzi nieufność. RODO wymaga świadomej zgody i przejrzystości. Dobrą praktyką jest określenie w umowach kwestii własności danych oraz zapewnienie rolnikom możliwości dostępu do swoich danych lub ich usunięcia.

**Problem:** platformy IoT gromadzą poufne dane dotyczące gospodarstw rolnych i lokalizacji

**Pytanie:** Kto jest właścicielem danych? W jaki sposób są one wykorzystywane?

**Przykład:** spory między rolnikami a dostawcami dotyczące dostępu do chmury

**Skutki:** problemy z zaufaniem, niechęć do wdrażania nowych technologii

**Zapotrzebowanie:** jasne ustalenia dotyczące wykorzystania danych, zgodność z RODO

04

ĆWICZENIE



## Ćwiczenie dla uczestników:

**Ćwiczenie praktyczne:** „Wybierz i przeanalizuj czujnik”

Wybierz jeden rodzaj czujnika IoT lub urządzenia do gromadzenia danych stosowanego w rolnictwie (np. czujnik temperatury, czujnik wilgotności gleby, lokalizator GPS, czujnik bariery optycznej).

**Zadanie:** Napisz krótki akapit wyjaśniający, jak to działa, w której dziedzinie rolnictwa jest to najbardziej przydatne oraz jakie kwestie techniczne lub etyczne mogą pojawić się podczas wdrażania tego rozwiązania. Długość: 100–150 słów.

**Opcjonalnie:** Dołącz zdjęcie lub kartę techniczną urządzenia.

*Wskazówka: Weź pod uwagę takie kwestie, jak dokładność, odporność, transmisja danych czy kwestie związane z RODO.*

# Ćwiczenia grupowe lub autorefleksja:

## **Temat dyskusji:**

Jakie kryteria powinni brać pod uwagę rolnicy przy wyborze urządzeń IoT do gromadzenia danych? Jak można pogodzić korzyści technologiczne z kwestiami prywatności i bezpieczeństwa?

## **Cel:**

Promowanie krytycznej oceny rzeczywistych technologii oraz świadomości zarówno technicznych, jak i etycznych aspektów rolnictwa precyzyjnego.



## Świetna robota!

Ukończyłeś drugi moduł **kursu 1!**  
Kontynuuj swoją przygodę z nauką.

W **następnym module** zapoznasz się  
z tematem „**IoT – bazy danych i IoT**”.

[www.smartskillsproject.eu](http://www.smartskillsproject.eu)

Śledź nas



Projekt zrealizowany dzięki funduszom Unii Europejskiej. Przedstawione poglądy i opinie są jednak wyłącznie poglądami i opiniami autora (autorów) i niekoniecznie odzwierciedlają stanowisko Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Zarówno Unia Europejska, jak i EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności. 2023-2-PL01-KA220-VET-000178755