



Budowa oraz funkcje dydaktyczne stanowiska transportowo–pomiarowego z wykorzystaniem sterownika PLC Siemens S7-1200

Przewodnik

Opracowanie merytoryczne i techniczne:

inż. Klaudiusz Szczurek, dr Jolanta Makowska, prof. UŚ

Opracowanie dydaktyczne:

dr Joanna Maszybrocka, prof. UŚ, dr Radosław Zachariasz

Sosnowiec, 2025

Projekt MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM został dofinansowany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”.



Górnośląsko-
Zagłębiowska
Metropolia

Spis treści

1	Opis stanowiska transportowo–pomiarowego	4
1.1	Konstrukcja mechaniczna	5
1.2	Część elektryczna	5
1.3	Układ sterowania i wizualizacji	5
1.4	Czujniki i zasada działania	6
1.5	Podsumowanie	6
2	Ćwiczenie laboratoryjne w formule Problem-Based Learning	8
2.1	Opis problemu inżynierskiego	8
2.2	Cele dydaktyczne	8
2.3	Środowisko laboratoryjne	9
2.4	Zadania problemowe	9
2.4.1	Problem A – Geometria układu pomiarowego	9
2.4.2	Problem B – Klasyfikacja obiektów	9
2.4.3	Problem C – Ograniczenia technologii pomiarowych	9
2.4.4	Problem D – Niezawodność systemu pomiarowego	9
2.5	Realizacja zadania	10
2.6	Oczekiwane rezultaty	10
2.7	Sesja podsumowująca	10
2.8	Znaczenie dydaktyczne	11
3	Efekty uczenia się	12

Słowo od autorów

Niniejszy przewodnik powstał z myślą o wsparciu nowoczesnego, praktycznego kształcenia w dziedzinie automatyki przemysłowej. Budowa makiety stanowiska transportowo-pomiarowego została zrealizowana dzięki dofinansowaniu w ramach projektu MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM, prowadzonego przy wsparciu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”.

Publikacja przybliży konstrukcję i zasady działania stanowiska transportowo-pomiarowego oraz przedstawia propozycje jego zastosowania w dydaktyce akademickiej. Omówione rozwiązania pozwalają prowadzić zajęcia o charakterze praktycznym — oparte na analizie rzeczywistych problemów inżynierskich i bezpośredniej pracy z komponentami automatyki przemysłowej.

Celem przewodnika jest pokazanie, w jaki sposób stanowisko może być wykorzystywane w ćwiczeniach laboratoryjnych realizowanych w formule Problem-Based Learning — sprzyjającej rozwijaniu umiejętności analitycznych, praktycznych i projektowych studentów kierunków technicznych.

Na końcu przewodnika zamieszczono wykaz efektów uczenia się, obejmujący wiedzę teoretyczną, umiejętności praktyczne oraz kompetencje społeczne kształtowane podczas zajęć. Studentom służy on jako przejrzysta lista kontrolna ułatwiająca śledzenie własnych postępów; prowadzącym — jako narzędzie wspierające planowanie zajęć, ocenianie i dokumentowanie wyników kształcenia.

Mamy nadzieję, że niniejsza instrukcja będzie wartościowym wsparciem zarówno dla studentów rozpoczynających przygodę z automatyką przemysłową, jak i dla wykładowców prowadzących zajęcia laboratoryjne w tym obszarze. Życzymy efektywnej i inspirującej pracy z wykorzystaniem przygotowanego stanowiska.

Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. Żytnia 12
41-200 Sosnowiec
www.wnst.us.edu.pl

1 Opis stanowiska transportowo–pomiarowego

Makieta stanowi fizyczny model przemysłowego stanowiska transportowo–pomiarowego, przeznaczonego do automatycznej identyfikacji materiałów przemieszczających się na przenośniku taśmowym. Jej zasadniczym celem jest realizacja pełnego cyklu procesu technologicznego, obejmującego transport próbki, detekcję z wykorzystaniem zestawu czujników przemysłowych, przetwarzanie sygnałów w sterowniku PLC oraz prezentację wyniku na panelu operatorskim HMI.

Funkcjonalność makiety polega na odwzorowaniu w skali laboratoryjnej fragmentu rzeczywistej linii przemysłowej, w której zachodzi ciągły przepływ materiału, przy jednoczesnej analizie jego właściwości w czasie rzeczywistym. Zastosowane rozwiązanie umożliwia praktyczną analizę zasad działania systemów automatycznej identyfikacji i klasyfikacji obiektów, powszechnie wykorzystywanych w nowoczesnych procesach wytwórczych.

Ogólny widok makiety stanowiska transportowo–pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Makieta stanowiska transportowo–pomiarowego w kompletnej konfiguracji roboczej.

Konstrukcja mechaniczna

Konstrukcja mechaniczna makiety została zaprojektowana od podstaw i oparta na ramie wykonanej z systemowych profili aluminiowych. Profile tego typu są powszechnie stosowane w budowie stanowisk przemysłowych oraz maszyn prototypowych ze względu na korzystny stosunek sztywności do masy, a także możliwość precyzyjnego pozycjonowania elementów roboczych. Zastosowanie konstrukcji profilowej pozwala na uzyskanie odpowiedniej stabilności mechanicznej przy jednoczesnym zachowaniu niewielkiej masy całego układu.

Rama pełni funkcję nośną dla przenośnika taśmowego, uchwytów czujników oraz elementów instalacji elektrycznej. Odpowiednio zaprojektowany układ profili tworzy stabilną strukturę przestrzenną, która zapewnia niezmienność geometrii toru ruchu próbek oraz stałość położenia czujników względem taśmy transportowej. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia zapewnienia powtarzalności oraz wiarygodności realizowanych pomiarów.

Centralnym elementem części mechanicznej makiety jest kompaktowy przenośnik taśmowy zasilany napięciem 24 V DC, wykonany w konstrukcji ze stali nierdzewnej i przystosowany do pracy ciągłej. Przenośnik ten pełni rolę osi technologicznej stanowiska, ponieważ wzdłuż jego toru ruchu rozmieszczone zostały wszystkie czujniki pomiarowe. Stała prędkość przesuwu taśmy umożliwia zapewnienie powtarzalnych warunków pomiarowych dla każdej próbki oraz pozwala na analizę pracy czujników w warunkach dynamicznych, odpowiadających rzeczywistym warunkom występującym w liniach produkcyjnych.

Część elektryczna

Część elektryczna makiety została wykonana zgodnie z obowiązującymi przemysłowymi standardami projektowania i budowy układów automatyki. Zasilanie systemu realizowane jest przez zasilacz impulsowy 24 V DC, montowany na szynie DIN. Napięcie zasilające rozprowadzane jest do poszczególnych elementów systemu za pomocą listew zaciskowych, mostków grzebieniowych oraz przewodów prowadzonych w kanałach kablowych.

Zastosowany sposób dystrybucji energii zapewnia zachowanie porządku instalacyjnego, ograniczenie wpływu zakłóceń elektromagnetycznych oraz zgodność z rozwiązaniami powszechnie stosowanymi w przemysłowych szafach sterowniczych. Wszystkie elementy elektryczne zostały zamontowane na płycie montażowej, co pozwala na uzyskanie zwartej, przejrzystej i bezpiecznej struktury układu sterowania.

Układ sterowania i wizualizacji

Sercem systemu sterowania makiety jest sterownik PLC Siemens SIMATIC S7–1200 CPU 1212C, który realizuje pełną logikę działania stanowiska. Do jego wejść cyfrowych doprowadzone są sygnały z czujników pomiarowych, natomiast wyjścia sterują pracą przenośnika taśmowego oraz elementów

sygnalizacyjnych.

Sterownik PLC odpowiada za interpretację stanów logicznych pochodzących z czujników oraz za wyznaczenie klasy materiału na podstawie zaprogramowanych reguł decyzyjnych. W ten sposób makieta realizuje funkcję rzeczywistego systemu klasyfikacji obiektów, w którym decyzje podejmowane są automatycznie i w czasie rzeczywistym.

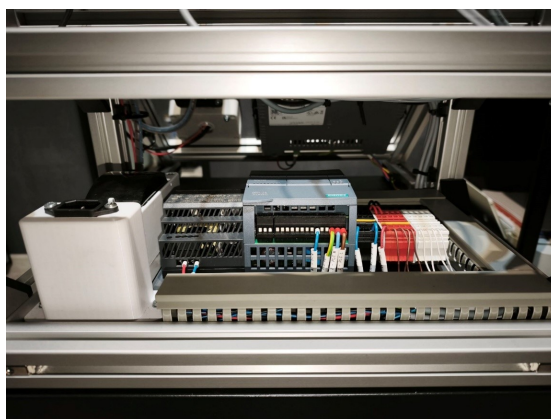
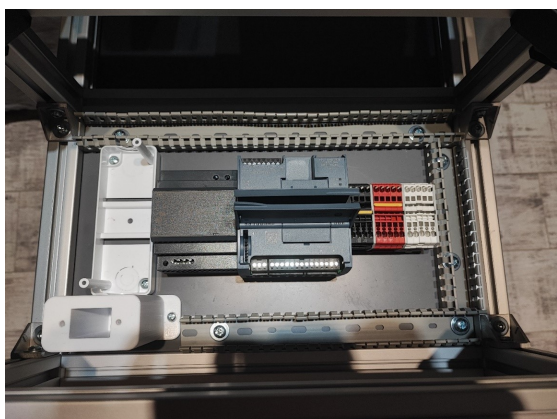
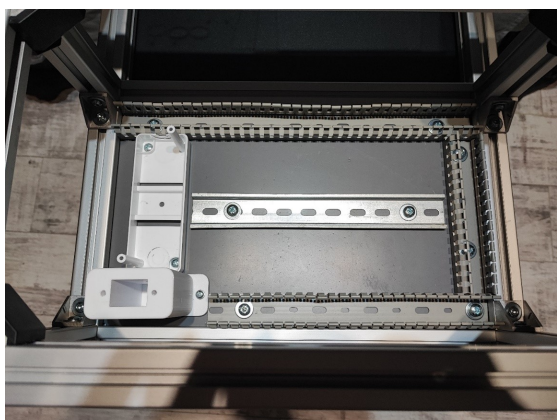
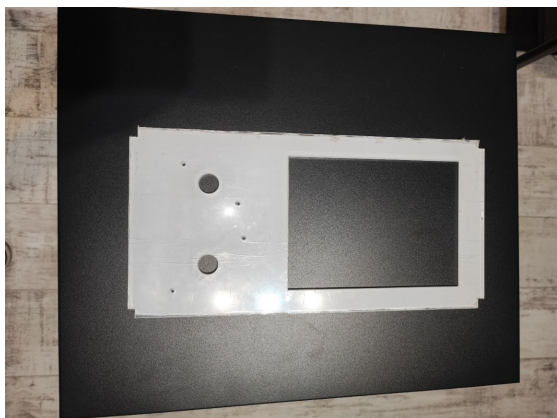
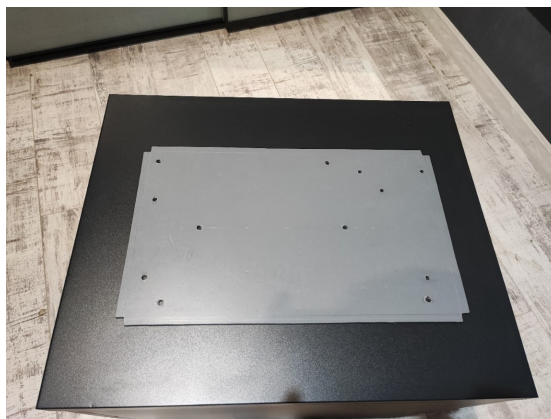
Wizualizacja procesu została zrealizowana za pomocą panelu operatorskiego Siemens KTP700 Basic Color PN, komunikującego się ze sterownikiem PLC w sieci przemysłowej. Panel HMI wyświetla aktualne stany czujników, rozpoznany typ materiału oraz status pracy przenośnika, umożliwiając użytkownikowi bezpośredni wgląd w przebieg procesu identyfikacji.

Czujniki i zasada działania

Makieta wyposażona jest w zestaw czterech komplementarnych czujników przemysłowych, które umożliwiają wielokryterialną analizę badanych próbek. Czujnik indukcyjny wykrywa obecność metali na podstawie zmian pola elektromagnetycznego, czujnik pojemnościowy reaguje na różnice przenikalności dielektrycznej i umożliwia detekcję materiałów niemetalicznych, fotoprzełącznik odbiciowy odpowiada za wykrycie obecności obiektu na taśmie, natomiast czujnik koloru analizuje widmo odbitego światła w celu rozpoznania barwy powierzchni. Czujniki te są zamocowane w regulowanych uchwytach, co pozwala na ich precyzyjne ustawienie względem toru ruchu próbki i zapewnia stabilność pomiarów.

Podsumowanie

Całość makiety stanowi spójny, przemysłowy układ mechatroniczny, w którym część mechaniczna, elektryczna oraz sterująca zostały zaprojektowane i zrealizowane jako jeden zintegrowany system funkcjonalny. Zastosowanie rzeczywistych komponentów automatyki przemysłowej, takich jak sterownik PLC, panel operatorski HMI, certyfikowane czujniki oraz infrastruktura montażowa, umożliwia wierne odwzorowanie architektury oraz zasad działania stanowisk wykorzystywanych w przemyśle do automatycznej identyfikacji i kontroli materiałów.



Rys. 2. Zestawienie fotografii przedstawiających kolejne etapy wykonania oraz montażu makiety stanowiska transportowo-pomiarowego.

2 Ćwiczenie laboratoryjne w formule Problem-Based Learning

W celu zaprezentowania praktycznych możliwości wykorzystania opracowanej makiety stanowiska transportowo-pomiarowego, w niniejszym rozdziale przedstawiono ćwiczenie laboratoryjne zaprojektowane w formule *Problem-Based Learning* (PBL). Zastosowane podejście dydaktyczne koncentruje się na samodzielnej analizie problemu inżynierskiego przez studentów oraz wypracowaniu rozwiązań na podstawie obserwacji i interpretacji rzeczywistych sygnałów pomiarowych.

Ćwiczenie symuluje rzeczywisty problem występujący w systemach automatyki przemysłowej, polegający na niejednoznacznej lub niestabilnej detekcji obiektów transportowanych przy nieidealnym pozycjonowaniu.

Opis problemu inżynierskiego

W nowoczesnych liniach produkcyjnych oraz systemach logistyki wewnętrznej czujniki przemysłowe stanowią podstawowe źródło informacji niezbędnych do realizacji procesów identyfikacji, sortowania oraz kontroli jakości. W praktyce przemysłowej obiekty rzadko przemieszczają się w sposób idealnie powtarzalny, co prowadzi do zmian ich położenia względem osi pomiarowych czujników.

Problemem rozpatrywanym w ramach ćwiczenia jest ocena wiarygodności sygnałów generowanych przez różne typy czujników w sytuacji, gdy obiekty przemieszczają się z odchyleniami od trajektorii nominalnej, a ich właściwości fizyczne (materiał, kolor, struktura powierzchni) są zróżnicowane.

Zadaniem studentów jest określenie, w jakim stopniu zmienne warunki pracy wpływają na poprawność detekcji oraz jakie strategie mogą zwiększyć niezawodność systemu pomiarowego.

Cele dydaktyczne

Realizacja ćwiczenia w formule PBL ma na celu:

- ▶ zrozumienie zasad działania czujników indukcyjnych, pojemnościowych, optycznych oraz czujników koloru,
- ▶ rozwijanie umiejętności analizy wpływu właściwości materiałowych i geometrycznych obiektów na sygnały pomiarowe,
- ▶ kształtowanie zdolności interpretacji danych pomiarowych w sytuacjach niepewności pomiarowej,
- ▶ doskonalenie umiejętności formułowania wniosków inżynierskich oraz proponowania rozwiązań technicznych.

Środowisko laboratoryjne

Ćwiczenie realizowane jest na stanowisku laboratoryjnym zbudowanym w oparciu o makietę przenośnika taśmowego, wyposażoną w zestaw czujników przemysłowych oraz układ sterowania oparty na sterowniku PLC z panelem operatorskim HMI. System umożliwia obserwację stanów wyjść czujników w czasie rzeczywistym.

Stanowisko pozwala na kontrolowaną zmianę położenia obiektów na taśmie transportowej, co skutkuje zmianą ich odległości od czujników oraz kąta padania wiązki optycznej. Dzięki temu możliwe jest odtworzenie warunków zbliżonych do rzeczywistych zakłóceń występujących w środowisku przemysłowym.

Zadania problemowe

W celu zwiększenia wartości dydaktycznej ćwiczenia oraz umożliwienia późniejszej dyskusji porównawczej, poszczególne zespoły studenckie otrzymują zróżnicowane problemy badawcze. Każdy zespół realizuje odrębne zadanie, a na zakończenie zajęć następuje wspólna prezentacja i analiza wyników.

Problem A – Geometria układu pomiarowego

Jak warunki geometryczne wpływają na pracę czujników w systemie transportowym?

Problem B – Klasyfikacja obiektów

Jak zaprojektować system automatycznej klasyfikacji obiektów o zróżnicowanych właściwościach fizycznych?

Problem C – Ograniczenia technologii pomiarowych

Jakie są praktyczne ograniczenia poszczególnych technologii czujnikowych w zastosowaniach przemysłowych?

Problem D – Niezawodność systemu pomiarowego

Jak zwiększyć niezawodność systemu identyfikacji w warunkach niepewności pomiarowej?

W ramach pracy problemowej każdy zespół samodzielnie konkretyzuje postawiony problem, formułuje hipotezy badawcze, planuje przebieg eksperymentu, dobiera obiekty testowe oraz określa metodykę

analizy uzyskanych danych.

Realizacja zadania

W toku rozwiązywania problemu każdy zespół:

1. zapoznaje się z dostępnymi czujnikami oraz analizuje sposób prezentacji ich stanów wyjściowych w systemie HMI,
2. opracowuje plan eksperymentu dostosowany do przydzielonego problemu badawczego,
3. przygotowuje zestaw obiektów testowych odpowiedni dla realizowanego zadania,
4. przeprowadza serię pomiarów zgodnie z opracowaną metodyką,
5. dokumentuje wyniki i formułuje wnioski,
6. przygotowuje krótką prezentację wyników dla pozostałych zespołów.

Oczekiwane rezultaty

Efektem pracy problemowej każdego zespołu powinno być:

- ▶ dokumentacja przeprowadzonego eksperymentu wraz z opisem metodyki badawczej,
- ▶ zestawienie wyników pomiarów w formie tabel lub wykresów,
- ▶ analiza wyników w kontekście postawionego problemu badawczego,
- ▶ wnioski inżynierskie oraz rekomendacje dotyczące projektowania systemów pomiarowych,
- ▶ prezentacja wyników umożliwiająca dyskusję z pozostałymi zespołami.

Sesja podsumowująca

Ćwiczenie kończy wspólna sesja, podczas której:

- ▶ każdy zespół prezentuje wyniki swojej pracy (około 5–10 minut na zespół),
- ▶ prowadzący moderuje dyskusję porównawczą, wskazując na powiązania między problemami,
- ▶ studenci wspólnie formułują ogólne wnioski dotyczące projektowania przemysłowych systemów identyfikacji materiałów.

Taka organizacja zajęć pozwala na głębsze zrozumienie wybranego zagadnienia przez każdy zespół, przy jednoczesnym zapoznaniu się z szerszym kontekstem problematyki dzięki prezentacjom pozostałych grup.

Znaczenie dydaktyczne

Zastosowanie podejścia Problem-Based Learning z podziałem na zróżnicowane problemy badawcze umożliwia studentom zdobycie pogłębionego doświadczenia w wybranym obszarze tematycznym, przy jednoczesnym zapoznaniu się z szerszą problematyką dzięki prezentacjom pozostałych zespołów.

Ćwiczenie podkreśla, że skuteczność systemów automatyki przemysłowej zależy nie tylko od parametrów katalogowych czujników, lecz również od warunków geometrycznych montażu, właściwości identyfikowanych obiektów, stabilności mechanicznej układu oraz właściwej interpretacji sygnałów wyjściowych.

Realizacja zadania sprzyja rozwijaniu:

- ▶ myślenia analitycznego i umiejętności rozwiązywania problemów,
- ▶ samodzielności w planowaniu eksperymentów,
- ▶ umiejętności pracy zespołowej,
- ▶ kompetencji prezentacyjnych i komunikacyjnych,
- ▶ świadomości znaczenia metod redundancji i fuzji danych w nowoczesnych systemach identyfikacji i sortowania materiałów.

3 Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Posiada wiedzę na temat architektury przemysłowego stanowiska transportowo-pomiarowego oraz zasad integracji części mechanicznej, elektrycznej i sterującej w układzie mechatronicznym.
- W2. Zna zasady działania czujników indukcyjnych, pojemnościowych, optycznych oraz czujników koloru, a także rozumie ich ograniczenia wynikające z właściwości materiałowych obiektów i warunków geometrycznych układu pomiarowego.
- W3. Rozumie rolę sterownika PLC w procesie akwizycji sygnałów, ich przetwarzania oraz podejmowania decyzji w systemach automatycznej identyfikacji materiałów.
- W4. Zna zasady wizualizacji procesów przemysłowych z wykorzystaniem paneli operatorskich HMI oraz rozumie znaczenie czytelnej prezentacji danych w diagnostyce i nadzorze systemów automatyki.
- W5. Rozumie wpływ zmiennych warunków pracy, w tym niepewności pozycjonowania obiektów i właściwości ich powierzchni, na stabilność i wiarygodność detekcji w aplikacjach przemysłowych.
- W6. Zna koncepcje redundancji czujników oraz fuzji danych jako metod zwiększania niezawodności przemysłowych systemów pomiarowych.

Umiejętności (U)

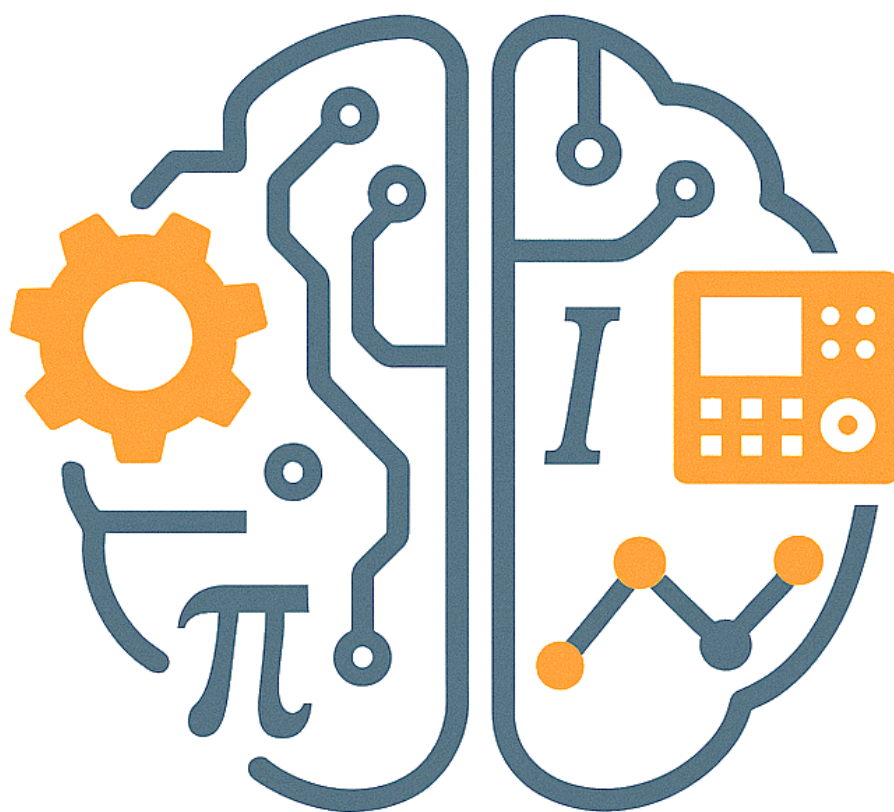
- U1. Potrafi samodzielnie skonkretyzować ogólnie sformułowany problem inżynierski, zdefiniować hipotezy badawcze oraz dobrać odpowiednią metodykę eksperymentalną.
- U2. Potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperyment pomiarowy z wykorzystaniem stanowiska transportowo-pomiarowego, uwzględniając warunki nominalne oraz zakłócone.
- U3. Umie analizować stany wyjściowe różnych typów czujników przemysłowych oraz oceniać ich powtarzalność, stabilność i wrażliwość na zmiany warunków pracy.
- U4. Potrafi interpretować dane prezentowane na panelu HMI oraz powiązać obserwowane stany sterownika PLC z przebiegiem procesu identyfikacji materiałów.
- U5. Umie porównywać wyniki detekcji uzyskane w różnych warunkach oraz identyfikować przypadki błędów detekcji i niejednoznacznych wskazań systemu pomiarowego.
- U6. Potrafi zaproponować rozwiązania zwiększające niezawodność systemu identyfikacji, w tym redundancję czujników, modyfikację warunków geometrycznych lub logikę klasyfikacji obiektów.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Wykazuje gotowość do krytycznej oceny wiarygodności wyników pomiarowych oraz formułowania wniosków z uwzględnieniem ograniczeń zastosowanych metod i warunków eksperymentalnych.
- K2. Pracuje odpowiedzialnie z przemysłowymi systemami automatyki, przestrzegając zasad bezpieczeństwa oraz dobrych praktyk inżynierskich.
- K3. Jest gotów do współpracy w zespole podczas planowania, realizacji i analizy eksperymentów, w tym do prezentowania i argumentowania przyjętych rozwiązań technicznych.
- K4. Wykazuje otwartość na wymianę wiedzy z innymi zespołami oraz gotowość do uczenia się na podstawie doświadczeń i wniosków wypracowanych przez innych.



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH



MatMechBio

Projekt MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM został dofinansowany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”.



Górnośląsko-
Zagłębiowska
Metropolia