

## KARTA PRZEDMIOTU (SYLABUS)

### Opis przedmiotu

Kod przedmiotu		Nazwa przedmiotu	Cyfrowe bliźniaki systemów mechanicznych i robotycznych	
RiSI/O/II/ST/B11			Digital Twins of Mechanical and Robotic Systems	
Język wykładowy		Polski		
Rok akademicki		2026/2027		
Kierunek		Robotyka i Sztuczna Inteligencja		
w zakresie		-		
Poziom studiów		studia drugiego stopnia		
Profil studiów		ogólnoakademicki		
Forma studiów		studia stacjonarne		
Semestr / semestry		IV		
Przynależność do grupy zajęć		Grupa zajęć kierunkowych		
Status przedmiotu		Obowiązkowy		
Formy realizacji zajęć dydaktycznych, wymiar, punkty ECTS		Forma zajęć	Liczba godzin zajęć dydaktycznych	Liczba punktów ECTS
		Wykład	30	4
		Projekt	45	
Powiązanie przedmiotu	z profilem studiów	związany z prowadzoną działalnością naukową w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, do której przyporządkowany jest kierunek studiów		4 ECTS
	z uprawnieniami	służy zdobywaniu przez studenta kompetencji inżynierskich		4 ECTS
	z dyscypliną	inżynieria mechaniczna		4 ECTS
Forma nauczania		Tradycyjna, zajęcia zorganizowane w Uczelni / zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość / inne		
Wymagania wstępne		Modelowanie CAD, kinematyka robotów, programowanie, teoria sterowania, protokoły przemysłowe		
Jednostka prowadząca		KMSiM, Wydział Mechaniczny		
Koordynator		Dr hab. inż. Andrzej Puchalski, prof. URad		
Adres strony internetowej pjo		<a href="http://www.wm.uniwersytetradom.pl">www.wm.uniwersytetradom.pl</a>		
Adres e-mail, telefon koordynatora		Andrzej.puchalski@urad.edu.pl		

EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE, REALIZACJA ZAJĘĆ  
DYDAKTYCZNYCH, WERYFIKACJA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Cel kształcenia:	Nabywanie wiedzy i umiejętności w zakresie projektowania wirtualnych replik systemów fizycznych (Digital Twins), integrujących zaawansowane modele mechaniczne z danymi sensorycznymi w czasie rzeczywistym w celu optymalizacji i diagnostyki.
Treści programowe:	<p>Wykład:</p> <p>Ewolucja od modeli CAD do systemów cyberfizycznych CPS. Klasyfikacja poziomów Digital Model oraz Shadow oraz Twin. Modelowanie High-Fidelity nieliniowości w Simscape i Multibody. Redukcja rzędu modelu MOR dla symulacji w czasie rzeczywistym. Komunikacja lokalna OPC UA i MQTT oraz rola Edge Computingu. Hybrydowe bliźniaki łączące fizykę z modelami danych AI i ML. Wirtualne uruchamianie oraz testowanie PLC w pętlach symulacyjnych. Standardy AAS oraz koncepcja cyfrowego paszportu produktu. Kalibracja modelu online i weryfikacja w Predictive Maintenance.</p> <p>Projekt:</p> <p>Opracowanie ogólnej koncepcji i struktury cyfrowego bliźniaka dla wybranego stanowiska zrobotyzowanego lub innego zautomatyzowanego stanowiska. Tworzenie modelu geometrycznego oraz kinematycznego i fizycznego w środowisku symulacyjnym. Konfiguracja i integracja warstwy komunikacyjnej do wymiany danych z systemem zewnętrznym. Implementacja mechanizmów dwukierunkowej synchronizacji modelu wirtualnego z obiektem fizycznym. Budowa panelu operatorskiego do bieżącej wizualizacji stanów i parametrów pracy bliźniaka. Walidacja poprawności modelu poprzez testy porównawcze i symulacje scenariuszy roboczych. Przygotowanie końcowej dokumentacji technicznej oraz prezentacja uzyskanych rezultatów prac.</p>
Metody dydaktyczne (kształcenia):	Wykład informacyjny i problemowy oraz projekt realizowany zespołowo metodą PBL z wykorzystaniem oprogramowania Festo CIROS, Matlab oraz Python
Rygor zaliczenia, kryteria oceny osiągniętych efektów uczenia się, sposób obliczania oceny końcowej:	Zaliczenie wykładu na podstawie wyniku kolokwium teoretycznego. Zaliczenie projektu na podstawie oceny za realizację projektu oraz jego prezentacji

Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć				Metody weryfikacji efektów uczenia się	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie / (U) potrafi / (K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU)	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
W1	Student zna i rozumie koncepcję cyfrowych bliźniaków oraz zaawansowane metody modelowania i symulacji komputerowej stosowane do tworzenia wirtualnych reprezentacji systemów mechanicznych i robotycznych.	K_WG03, K_WG10	Wykład	zaliczenie na ocenę	kolokwium zaliczeniowe lub test sprawdzający poziom opanowania wiedzy teoretycznej.
U1	Student potrafi budować i wykorzystywać cyfrowe bliźniaki do analizy	K_UW01, K_UW09	Projekt	zaliczenie	ocena projektu, dokumentacji projektowej,

	zachowania, diagnostyki technicznej oraz predykcyjnego utrzymania ruchu urządzeń i procesów przemysłowych.			na ocenę	prezentacji wyników oraz stopnia realizacji założeń zadania.
K1	Student jest gotów do krytycznej oceny wyników uzyskiwanych z modeli symulacyjnych oraz weryfikacji stopnia zgodności cyfrowego bliźniaka z jego fizycznym odpowiednikiem.	K_KK01	Projekt	Zaliczenie na ocenę	Ocena prezentacji wyników oraz stopnia realizacji założeń zadania.

#### Literatura i pomoce naukowe

1. Kost G., Łebkowski P., Węsierski Ł., "Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych", PWN, 2018
2. Kaczmarek W., Panasiuk J., "Robotyzacja procesów produkcyjnych", PWN 2017
3. Kaczmarek W., Panasiuk J., "Programowanie robotów przemysłowych", PWN 2017
4. OPC Foundation, "OPC UA Specifications for Digital Twins", materiały dostępne na stronie [opcfoundation.org](http://opcfoundation.org)
5. Festo Didactic. CIROS Manual.  
[https://ftp.festo.com/Public/DIDACTIC/FactoryViews/documentation/CIROS-CP\\_UserManual\\_EN\\_v7.1-220908.pdf](https://ftp.festo.com/Public/DIDACTIC/FactoryViews/documentation/CIROS-CP_UserManual_EN_v7.1-220908.pdf)
6. Instrukcje laboratoryjne
7. Tao F. i Zhang M. i Nee A.Y.C., "Digital Twin Driven Smart Design", Academic Press, 2019

Nakład pracy studenta potrzebny do osiągnięcia zakładanych efektów uczenia się – bilans punktów ECTS

Udział w zajęciach/aktywność	Obciążenie studenta [h]	
	Zajęcia bez nauczyciela-praca własna studenta (ZBN)	Zajęcia dydaktyczne
Udział w wykładach/ćwiczeniach/laboratoriach	X	75 h
Przygotowanie do wykładów/ćwicz/lab	25 h	X
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	25 h / 1 ECTS	75 h / 3 ECTS
Punkty ECTS za przedmiot	4 ECTS	

#### Informacje dodatkowe, uwagi

W przypadku studentów ze szczególnymi potrzebami, w tym: z niepełnosprawnością, przewlekłe chorych, określone powyżej (w karcie) metody i formy weryfikacji efektów uczenia się dostosowuje się odpowiednio do indywidualnych potrzeb tych studentów.

Szczegółowe zasady i formy wsparcia studentów ze szczególnymi potrzebami: w tym z niepełnosprawnością, przewlekłe chorych podczas zajęć, zaliczeń i egzaminów określono w: Regulaminie Studiów, Zasadach Studiowania, Procedurze dotyczącej zapewnienia dostępności procesu kształcenia studentom ze szczególnymi potrzebami, w tym: z niepełnosprawnością, przewlekłe chorych.