

Kierunek ROBOTYKA I AUTOMATYKA

Studia drugiego stopnia

KARTY PRZEDMIOTÓW NOWYCH LUB ZE ZMODYFIKOWANYMI EFEKTAMI UCZENIA SIĘ

SPIS TREŚCI

CYFROWE PRZETWARZANIE OBRAZÓW	2
DYNAMIKA I STEROWANIE ROBOTÓW	5
DYNAMIKA I STEROWANIE BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH.....	8
PRACOWNIA ROBOTYKI	10
METODY NUMERYCZNE	13
SZTUCZNA INTELIGENCJA.....	16
SIECI KOMPUTEROWE	19
AUTOMATYZACJA PROCESÓW PROJEKTOWANIA Z WYKORZYSTANIEM PYTHONA.....	22
ROBOTY AUTONOMICZNE	25
PROGRAMOWANIE W ROS	27
DRUK 3D W WYTWARZANIU PROTEZ KOŃCZYN.....	29

Nazwa przedmiotu:		CYFROWE PRZETWARZANIE OBRAZÓW	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 3
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 15 h Laboratoria: 15 h	Praca własna: 40 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobyć wiedzy i umiejętności w obszarze grafiki rastrowej, przestrzeni barw i polepszenia jakości obrazów.</p> <p>C2. Zdobyć wiedzy i umiejętności w obszarze metod filtracji liniowej, filtracji nieliniowej, detekcji krawędzi oraz operacji morfologicznych na obrazach.</p> <p>C3. Zdobyć wiedzy i umiejętności w obszarze segmentacji, klasyfikacji i detekcji obiektów w obrazach.</p> <p>C4. Zdobyć wiedzy i umiejętności w obszarze miar oceny wyników przetwarzania obrazów.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych zagadnień analizy matematycznej i algebry. 2. Znajomość statystyki, metod optymalizacji i sieci neuronowych. 3. Znajomość podstaw z zakresu programowania. 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie przetwarzania obrazów w skali szarości i obrazów kolorowych.</p> <p>EW2 – Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie filtracji liniowej, filtracji nieliniowej oraz detekcji krawędzi obiektów w obrazach.</p> <p>EW3 – Student ma uporządkowaną wiedzę w temacie segmentacji i operacji na obrazach binarnych.</p> <p>EW4 – Student ma uporządkowaną wiedzę w temacie klasyfikacji i detekcji obiektów w obrazach.</p> <p>EW5 – Student ma pogłębioną wiedzę w temacie konwolucyjnych sieci neuronowych w przetwarzaniu obrazów.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi wykonać podstawowe operacje na obrazach.</p> <p>EU2 – Student potrafi dobrać metody przetwarzania obrazu do danego zadania.</p> <p>EU3 – Student potrafi ocenić wyniki operacji na obrazach.</p> <p>EU4 – Student potrafi zaimplementować metody segmentacji i klasyfikacji obrazów.</p> <p>EU5 – Student potrafi zaimplementować metody detekcji obiektów w obrazach.</p>			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Wykłady			Liczba godzin
Wstęp do cyfrowego przetwarzania obrazu: grafika rastrowa, przestrzenie barw, systemy zarządzania barwą			2
Podstawowe operacje na obrazach: operacje punktowe, histogram, metody poprawy kontrastu, filtracja liniowa i nieliniowa obrazu, modele szumu			2
Detekcja krawędzi w obrazach: gradient obrazu i podstawowe operatory detekcji krawędzi			2
Binaryzacja obrazów: metody segmentacji i binaryzacji obrazów, operacje morfologiczne			2

Detekcja obiektów w obrazach: współczynniki kształtu, klasyfikacja obiektów w obrazach, skalo-niezmienne przekształcenie cech (SIFT)	2
Sieci Neuronowe w wizji komputerowej: klasyfikacja, segmentacja i detekcja obiektów w obrazach. Sieci: VGG, ResNet, U-Net, Faster-RCNN, SSD i YOLO	4
Współczynniki jakości: miary porównania obrazów, miary klasyfikacji i miary detekcji	1
Ćwiczenia	
Wiadomości wstępne nt. programowania i funkcji bibliotek. Prezentacja grafiki rastrowej, formaty plików graficznych i przestrzeni barw. Zasady BHP	1
Wybrane metody jakości obrazu, poprawa kontrastu i filtracji obrazów	2
Binaryzacji obrazów, detekcja krawędzi obiektów w obrazach i operacje morfologiczne	2
Wyznaczanie współczynników kształtu i klasyfikacja obiektów w obrazach	2
Sprawdzian cząstkowy z pierwszej części przedmiotu	1
Klasyfikacja obrazów	2
Segmentacja obrazów	2
Detekcja obiektów w obrazach	2
Sprawdzian cząstkowy z drugiej części przedmiotu	1
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Przygotowanie do zajęć	15
Przygotowanie do sprawdzianów	10
Korzystanie z materiałów dodatkowych i pomocniczych	10
SUMA	70
Narzędzia dydaktyczne	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF). 2. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych. 3. Laboratoria z wykorzystaniem tablicy, rzutnika, dostarczonych materiałów i oprogramowania. 4. Praca w laboratorium. 5. Dostęp do strony internetowej przedmiotu https://ztmir.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów). 	
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)	
Fw – ocena ze sprawdzianu z wykładów, Fs1-Fs2 – oceny ze sprawdzianów z zajęć laboratoryjnych (dwa sprawdziany), P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących z sprawdzianów). Ocenie podlegają sprawdziany przeprowadzane w trakcie semestru. Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: https://ztmir.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).	

Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W12	C1	1, 2, 5	Fs1, Fw, P
EW2	AiR2_W12	C2	1, 2, 5	Fs1, Fw, P
EW3	AiR2_W12	C3, C4	1, 2, 5	Fs2, Fw, P
EW4	AiR2_W12	C3, C4	1, 2, 5	Fs2, Fw, P
EW5	AiR2_W12 AiR2_W11	C3, C4	1, 2, 5	Fs2, Fw, P
EU1	AiR2_U12	C1, C2	2, 3, 4, 5	Fs1, Fs2, P
EU2	AiR2_U12	C2, C3	2, 3, 4, 5	Fs1, Fs2, P
EU3	AiR2_U12	C4	2, 3, 4, 5	Fs1, Fs2, P
EU4	AiR2_U12	C3	2, 3, 4, 5	Fs1, Fs2, P
EU5	AiR2_U12	C3	2, 3, 4, 5	Fs1, Fs2, P

Nazwa przedmiotu:		DYNAMIKA I STEROWANIE ROBOTÓW	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 3
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 15 h Ćwiczenia: 15 h	Praca własna: 40 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobyć wiedzy i umiejętności z zakresu planowania trajektorii manipulatorów, w tym redundantnych.</p> <p>C2. Zdobyć wiedzy i umiejętności dotyczących dynamiki manipulatorów, w tym algorytmizacji obliczeń.</p> <p>C3. Zdobyć wiedzy i umiejętności w zakresie algorytmów sterowania pozycyjnego manipulatorów.</p> <p>C4. Pozyskanie wiedzy z zakresu metod sterowania siłowego manipulatorów.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu kinematyki i dynamiki manipulatorów. 2. Znajomość zagadnień z zakresu podstaw automatyki i sterowania. 3. Zalecana jest umiejętność obsługi pakietu MATLAB+Simulink. 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie algorytmów generowania trajektorii robotów, w tym redundantnych.</p> <p>EW2 – Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat dynamiki manipulatorów.</p> <p>EW3 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zdecentralizowanych metod sterowania pozycyjnego manipulatorów.</p> <p>EW4 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie scentralizowanych metod sterowania pozycyjnego manipulatorów.</p> <p>EW5 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod sterowania siłowego manipulatorów.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi wygenerować trajektorię w przestrzeni złączowej i operacyjnej robota, w tym dla manipulatora redundantnego.</p> <p>EU2 – Student potrafi wygenerować równania dynamiki manipulatora szeregowego z zastosowaniem podejścia lagranżowskiego.</p> <p>EU3 – Student potrafi zaimplementować rekurencyjny algorytm Newtona-Eulera do rozwiązania zadania odwrotnego dynamiki manipulatora.</p> <p>EU4 – Student potrafi zaimplementować w środowisku symulacyjnym metodę obliczanego momentu z rozszerzeniami oraz ocenić jakość wdrożonej regulacji.</p> <p>EU5 – Student potrafi zaimplementować scentralizowany algorytm sterowania pozycyjnego manipulatorem na bazie zadania odwrotnego dynamiki.</p>			

Treści merytoryczne przedmiotu	
Wykłady	Liczba godzin
Planowanie trajektorii robotów – kształtowanie profilu prędkości, definiowanie ruchu we współrzędnych konfiguracyjnych i kartezyjskich, łączenie odcinków trajektorii, obliczenia kinematyczne, wykorzystanie jakobianu manipulatora	2
Kinematyka manipulatorów redundantnych – metody jakobianowe, optymalizacja z wykorzystaniem jądra jakobianu, unikanie osobliwości, rozszerzony jakobian, priorytetyzacja zadań, cykliczność	2
Dynamika manipulatorów – postać ogólna równań ruchu manipulatora, obliczenia rekurencyjne w zadaniu odwrotnym, algorytmy zadania prostego: bezpośredni i rekurencyjny, problem pętli kinematycznych, metody całkowania równań.	3
Sterowanie zdecentralizowane – liniowy model dynamiki osi manipulatora, struktury układów regulacji ze sprzężeniem zwrotnym i kompensującym typu feedforward, dobór regulatorów, tłumienie zakłóceń skrośnych, wpływ nieliniowości na jakość sterowania	3
Sterowanie scentralizowane – manipulator jako nieliniowy, wielowymiarowy obiekt regulacji, elementy teorii stabilności Lapunowa, sterowanie na bazie zadania odwrotnego dynamiki wraz z technikami kompensacji niepewności parametrycznych	3
Wprowadzenie do sterowania siłowego – oddziaływanie manipulatora z otoczeniem, sterowanie impedancyjne, elementy metod hybrydowego sterowania pozycyjno-siłowego manipulatorów	2
Ćwiczenia	
Wyznaczanie trajektorii manipulatorów w przestrzeni złączy i zadań	2
Planowanie trajektorii manipulatorów redundantnych	1
Zadanie proste dynamiki dla manipulatora szeregowego w podejściu lagranżowskim	2
Zadanie odwrotne dynamiki dla manipulatora szeregowego. Rekursywny algorytm Newtona-Eulera	1
Sprawdzian cząstkowy z pierwszej części przedmiotu	1
Sterowanie manipulatorem w niezależnych osiach (metoda obliczanego momentu)	2
Sterowanie scentralizowane z zastosowaniem zadania odwrotnego dynamiki	3
Implementacja metod sterowania kompensującego niepewności parametryczne. Analiza porównawcza algorytmów sterowania pozycyjnego	2
Sprawdzian cząstkowy z drugiej części przedmiotu	1
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Przygotowanie do zajęć	5
Prace domowe	20
Przygotowanie do sprawdzianów	10
SUMA	70

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF).
2. Ćwiczenia z wykorzystaniem tablicy, rzutnika, dostarczonych materiałów i oprogramowania symulacyjnego.
3. Zadania domowe do samodzielnego rozwiązania.
4. Dostęp do strony internetowej przedmiotu (<https://ztmir.meil.pw.edu.pl> – zakładka Dla Studentów).

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Fd1-Fd4 – oceny z prac domowych (cztery serie),

Fs1-Fs2 – oceny ze sprawdzianów (dwa sprawdziany),

P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących, wystawianych za prace domowe i sprawdziany).

Ocenie podlegają prace domowe oraz dwa sprawdziany przeprowadzane w trakcie semestru. Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: <https://ztmir.meil.pw.edu.pl> (zakładka Dla Studentów).

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	Fd1, Fs1, P
EW2	AiR2_W06 AiR2_W09 AiR2_W10	C2	1, 2, 3	Fd2, Fs1, P
EW3	AiR2_W01 AiR2_W03 AiR2_W12	C3	1, 2, 3	Fd3, Fs2, P
EW4	AiR2_W01 AiR2_W03 AiR2_W12	C3	1, 2, 3	Fd3, Fd4, Fs2, P
EW5	AiR2_W01 AiR2_W03 AiR2_W12	C4	1, 4	Fs2, P
EU1	AiR2_U06 AiR2_U12	C1	2, 3, 4	Fd1, Fs1, P
EU2	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	Fd2, Fs1, P
EU3	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	Fd2, Fs1, P
EU4	AiR2_U12 AiR2_U14	C3	2, 3, 4	Fd3, Fs2, P
EU5	AiR2_U12 AiR2_U14	C3	2, 3, 4	Fd3, Fd4, Fs2, P

Nazwa przedmiotu:		DYNAMIKA I STEROWANIE BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 30 h	Praca własna: 40 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobycie wiedzy i umiejętności z zakresu wyznaczania pozycji i orientacji przestrzennej bezzałogowych statków powietrznych.</p> <p>C2. Zdobycie wiedzy i umiejętności dotyczących dynamiki bezzałogowych statków powietrznych, w tym oceny ich właściwości dynamicznych.</p> <p>C3. Zdobycie wiedzy i umiejętności w zakresie algorytmów automatycznego sterowania lotem bezzałogowych statków powietrznych.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu bezzałogowych statków powietrznych. 2. Znajomość zagadnień z zakresu podstaw automatyki i sterowania. 3. Znajomość zagadnień z zakresu teorii sygnałów i systemów. 4. Zalecana jest umiejętność obsługi pakietu MATLAB+Simulink. 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę o metodach i algorytmach stosowanych w nawigacji lotniczej.</p> <p>EW2 – Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat dynamiki wiroplątów i stałopłatów bezzałogowych.</p> <p>EW3 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę o metodach i algorytmach stosowanych w systemach automatycznego sterowania lotem bezzałogowych statków powietrznych.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi dobrać strukturę i sformułować algorytm systemu nawigacji dla bezzałogowego statku powietrznego.</p> <p>EU2 – Student potrafi przeprowadzić analizę właściwości dynamicznych bezzałogowego statku powietrznego.</p> <p>EU3 – Student potrafi dobrać strukturę i sformułować algorytm systemu automatycznego sterowania dla bezzałogowego statku powietrznego.</p>			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Wykłady			Liczba godzin
Systemy nawigacji lotniczej – podstawy nawigacji lotniczej, metody i algorytmy wyznaczania orientacji przestrzennej i nawigacji, integracja systemów nawigacji (filtracja Kalmana i komplementarna)			7
Dynamika i sterowanie stałopłatów i wiroplątów – modele i właściwości dynamiczne statku powietrznego, właściwości statku powietrznego w stanie lotu ustalonego i zaburzonego, stabilność statyczna i dynamiczna, postacie ruchu			12
Systemy automatycznego sterowania lotem – rodzaje i struktury systemów sterowania lotem, wpływ dynamiki obiektu na system automatycznego sterowania lotem, sterowanie optymalne			7
Sprawdziany			4

Obciążenie studenta pracą				
Forma aktywności				Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)				30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)				5
Przygotowanie do zajęć				5
Prace domowe				20
Przygotowanie do sprawdzianu				10
SUMA				70
Narzędzia dydaktyczne				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF). 2. Zadania domowe do samodzielnego rozwiązania. 3. Dostęp do strony internetowej przedmiotu. 				
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)				
Fd1-Fd3 – oceny z prac domowych (trzy), Fs1-Fs2 – oceny ze sprawdzianów (dwa sprawdziany), P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących, wystawianych za prace domowe i sprawdziany). Ocenie podlegają prace domowe oraz dwa sprawdziany przeprowadzane w trakcie semestru.				
Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	Fd1, Fs1, P
EW2	AiR2_W06 AiR2_W09 AiR2_W10	C2	1, 2, 3	Fd2, Fs1, Fs2, P
EW3	AiR2_W01 AiR2_W03 AiR2_W12	C3	1, 2, 3	Fd3, Fs2, P
EU1	AiR2_U06 AiR2_U12	C1	1, 2, 3	Fd1, Fs1, P
EU2	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	1, 2, 3	Fd2, Fs1, Fs2, P
EU3	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	1, 2, 3	Fd3, Fs2, P

Nazwa przedmiotu:		PRACOWNIA ROBOTYKI	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka, wszystkie specjalności	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 3
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Laboratoria: 15 h Projekty: 15 h	Praca własna: 40 h	
Cele przedmiotu			
C1. Poszerzenie wiedzy i umiejętności z w zakresie projektowania systemów robotycznych.			
C2. Poszerzenie wiedzy i umiejętności w zakresie konfigurowania, programowania i obsługi współczesnych systemów robotycznych.			
C3. Zdobycie umiejętności dotyczących implementacji zaprojektowanych systemów robotycznych.			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
1. Znajomość zagadnień z obszaru robotyki na poziomie studiów inżynierskich.			
2. Podstawowe umiejętności w zakresie programowania robotów przemysłowych i mobilnych.			
Efekty uczenia się (wiedza)			
EW1 – Student ma wiedzę na temat współczesnych robotów i systemów robotycznych oraz warunków pracy robotów.			
EW2 – Student ma ugruntowaną wiedzę na temat programowania robotów i zautomatyzowanych systemów.			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
EU1 – Student potrafi pozyskiwać i integrować informacje niezbędne do rozwiązania postawionego problemu technicznego.			
EU2 – Student potrafi zaprojektować system robotyczny złożony z kilku współpracujących urządzeń.			
EU3 – Student potrafi konfigurować i programować urządzenia wykorzystywane w systemach robotycznych.			
EU4 – Student potrafi zbudować i przetestować prosty układ robotyczny.			
EU5 – Student potrafi udokumentować i zaprezentować wykonane zadanie.			
EU6 – Student potrafi pracować w zespole i stosować zasady bezpieczeństwa.			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Istotą zajęć jest zaprojektowanie prostego systemu robotycznego, a następnie zaimplementowanie go i przetestowanie z wykorzystaniem urządzeń dostępnych w laboratorium robotyki. Postawione zadania będą realizowane przez studentów pracujących w małych grupach. Realizacja części projektowej i laboratoryjnej odbywać się będzie równolegle, w ścisłej korelacji pomiędzy obiema częściami.			
Przykładowe problemy techniczne (do wyboru):			
<ul style="list-style-type: none"> Integracja robota przemysłowego z urządzeniami peryferyjnymi (wykorzystanie systemu wizyjnego, taśmociągu, chwytaka, systemów bezpieczeństwa; oprogramowanie robota i urządzeń, skomunikowanie za pomocą sieci przemysłowych). Wykorzystanie czujnika siły i momentu w sterowaniu robotami (obsługa czujnika siły, integracja z układem sterowania robotem, programowanie robota z czujnikiem siły, uczenie/prowadzenie robota z wykorzystaniem czujnika, ustanowienie komunikacji pomiędzy dwoma robotami, realizacja układu master-slave). 			

<ul style="list-style-type: none"> • Tworzenie mapy i planowanie ścieżki robota mobilnego (sterowanie ruchem robota, tworzenie mapy, rozpoznawanie otoczenia, opracowanie i implementacja metody planowania ścieżki, prowadzenie robota wzdłuż ścieżki, opracowanie metod reagowania na nieumieszczone na mapie przeszkody). • Realizacja zagadnienia SLAM (obsługa skanera laserowego, planowanie ruchu dla potrzeb tworzenia mapy, opracowanie i implementacja metod wykrywania charakterystycznych obiektów, szacowanie niedokładności mapy i lokalizacji, korygowanie mapowania ponownie wykrywanych obiektów, wizualizacja wyników). • Integracja robota mobilnego z manipulatorem pokładowym i systemem wizyjnym (rozwiązanie i implementacja zadań kinematyki dla manipulatora, obsługa systemu wizyjnego i wykrywanie położenia obiektu, planowanie trasy bezkolizyjnego dojazdu do wykrytego obiektu, pobieranie obiektu za pomocą manipulatora, wykorzystanie wizji do korekcji pozycjonowania manipulatora). • Opracowanie i implementacja systemu sterowania manipulatorem edukacyjnym (rozwiązanie i implementacja zadań kinematyki, opracowanie i implementacja metod generowania trajektorii w przestrzeni złącz i zadań, opracowanie i implementacja panelu operatora, wyposażenie robota w prosty język programowania, testy kompletnego systemu). • Budowa i oprogramowanie systemu obsługi zespołu robotów mobilnych (ustanowienie komunikacji między robotami, obsługa systemu detekcji robotów i przeszkód, opracowanie i implementacja metod planowania ruchu, opracowanie panelu operatora, testy kompletnego systemu). 	
Projekty	Liczba godzin
Wydanie projektu, omówienie założeń wstępnych, zalecenia dotyczące studiów literaturowych lub korzystania z innych źródeł	1
Dyskusja nad proponowanymi metodami rozwiązania problemu oraz ustalenie szczegółowych wymagań technicznych. Podział projektu na zadania, przydział prac w zespole	1
Prace nad komponentami systemu, dokumentacja prowadzonych prac i ich wyników	4
Analiza wyników testów komponentów systemu, wprowadzenie ewentualnych poprawek projektowych	2
Prace nad kompletnym systemem, dokumentacja prowadzonych prac i ich wyników	4
Analiza rezultatów testów kompletnego systemu, wprowadzenie niezbędnych poprawek lub pożądaných ulepszeń.	2
Zaliczenie – prezentacja projektu	1
Laboratoria	
Omówienie zasad BHP dotyczących pracy w laboratoriach. Przedstawienie wyposażenia i możliwości laboratoriów	2
Konfiguracja, obsługa i programowanie komponentów systemu, testy poszczególnych elementów	4
Montaż całego systemu, testowanie komunikacji pomiędzy komponentami	3
Obsługa i programowanie zmontowanego systemu, testy działania systemu	3
Wdrażanie poprawek i ulepszeń systemu robotycznego	2
Zaliczenie – prezentacja działającego systemu	1
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5

Praca własna – przygotowanie do rozwiązania problemu technicznego: niezbędne studia literaturowe	5
Przygotowanie do zajęć – samodzielne wykonywanie części projektu, korzystanie z dokumentacji technicznej	15
Praca własna – przygotowanie do prac w laboratorium	5
Praca własna – opracowanie wyników prac w laboratorium	5
Praca własna – przygotowanie do prezentacji i zaliczenia projektu	5
SUMA	70

Narzędzia dydaktyczne

1. Konsultacje prac projektowych.
2. Praca w laboratorium robotyki.
3. Ukierunkowane studia literaturowe/źródłowe.
4. Dostęp do strony internetowej przedmiotu (<http://tmr.meil.pw.edu.pl> – zakładka Dla Studentów).

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Fp1-Fp2 – oceny prac projektowych,

F11-F12 – oceny pracy w laboratorium,

P – ocena podsumowująca za całość wykonanego zadania (z uwzględnieniem ocen formujących).

Ocenie podlegają prace projektowe nad komponentami (Fp1) i całością (Fp2) systemu, prace laboratoryjne nad komponentami (F11) i całością systemu (F12) oraz końcowa prezentacja i dokumentacja wszystkich wykonanych prac. Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: <http://tmr.meil.pw.edu.pl> (zakładka Dla Studentów).

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W02 AiR2_W11	C1	1, 3, 4	Fp1, Fp2, P
EW2	AiR2_W05 AiR2_W12	C2	2, 3, 4	F11, F11, P
EU1	AiR2_U01 AiR2_U12	C1, C2	1, 3, 4	Fp1, Fp2, P
EU2	AiR2_U03 AiR2_U14	C1	1, 3, 4	Fp1, Fp2, P
EU3	AiR2_U09	C2	2, 3, 4	F11, F11, P
EU4	AiR2_U08	C3	2, 3, 4	F11, F11, P
EU5	AiR2_U03 AiR2_U04	C3	1, 2, 3, 4	Fp2, F12, P
EU6	AiR2_U02 AiR2_U19	C3	1, 2	Fp1, Fp2, F11, F12, P

Nazwa przedmiotu:		METODY NUMERYCZNE	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 2
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 16 h Ćwiczenia: 14 h	Praca własna: 20 h	
Cel przedmiotu			
<p>C1. Poznanie teorii i praktycznej implementacji wybranych metod obliczeniowych algebry i równań różniczkowych stosowanych w zagadnieniach szeroko rozumianej mechaniki.</p> <p>C2. Rozwinięcie umiejętności programowania złożonych algorytmów numerycznych.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych algorytmów numerycznych w zakresie przedmiotu Informatyka II. 2. Umiejętność programowania w języku C++ na poziomie podstawowym. 3. Zalecana jest umiejętność obsługi pakietu MATLAB. 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Posiada pogłębioną wiedzę na temat metod numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, w szczególności: metod Rungego-Kutty i liniowych metod wielokrokowych.</p> <p>EW2 – Posiada podstawową wiedzę w zakresie klasycznych metod iteracyjnych dla układów równań liniowych i nieliniowych</p> <p>EW3 – Ma podstawową wiedzę w zakresie metody różnic skończonych i metody elementów skończonych stosowanych do prostych zagadnień brzegowych formułowanych dla równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych.</p> <p>EW4 – Orientuje się w podstawowych algorytmach numerycznych algebry numerycznej związanych z zagadnieniem na wartości i wektory własne.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Potrafi porównać i ocenić krytycznie właściwości poznanych metod całkowania równań różniczkowych zwyczajnych; potrafi opracować implementację prostej metody wielokrokowej.</p> <p>EU2 – Potrafi omówić ograniczenia stosowalności algorytmów skończonych typu eliminacji Gaussa, uzasadnić potrzebę stosowania metod iteracyjnych oraz w wybranych przypadkach – zweryfikować warunki ich zbieżności.</p> <p>EU3 – Wykorzystując podane procedury potrafi rozwiązać zadanie inżynierskie wymagające zastosowania metody Newtona-Raphsona; potrafi opisać i uzasadnić potrzebę stosowania technik wspomagających efektywne rozwiązywanie układów algebraicznych nieliniowych (podrelaksacja, homotopia).</p> <p>EU4 – Potrafi zastosować właściwą aproksymację różnicową lub MES-owską do liniowego brzegowego zagadnienia różniczkowego zwyczajnego i wskazać odpowiednie algorytmy algebraiczne.</p> <p>EU5 – Potrafi wskazać zagadnienia inżynierskie prowadzące do zagadnienia na wartości/wektory własne, a także opracować proste implementacje podstawowych algorytmów numerycznych stosowane do tego zagadnienia.</p>			

<p>EU6 – Potrafi wykorzystać procedury biblioteczne do konstrukcji własnego programu obliczeniowego, a następnie program ten samodzielnie uruchomić i przeprowadzić analizę poprawności jego działania.</p> <p>EU7 – Potrafi sformułować wybrane zagadnienia brzegowe w formie wariacyjnej i zaproponować dla niego odpowiednią metodę Galerkina.</p> <p>EU8 – Potrafi opracować "bezmacierzowy" wariant implementacji metody iteracyjnej gradientów sprzężonych pod kątem aplikacji w MES.</p>	
Treści merytoryczne przedmiotu	
Wykłady	Liczba godzin
Liniowe metody wielokrokowe dla równań różniczkowych (konstrukcja, stabilność i zbieżność, układy sztywne)	3
Klasyczne metody iteracyjne dla układów liniowych (Jacobi, Gauss-Seidel, SOR i SSOR, metody efektywnej implementacji).	2
Układy liniowe z macierzą symetryczną i dodatnią określoną a minimalizacja formy kwadratowej. Metoda najszybszego spadku i metoda gradientów sprzężonych. Preconditioning	3
Algebraiczne układy nieliniowe. Metoda Newtona-Raphsona i jej warianty. Metoda Broydena. Ogólne informacje na temat metod kontynuacji i homotopii	2
Metody numeryczne dla różniczkowych zagadnień brzegowych na przykładzie liniowego równania zwyczajnego. Wprowadzenie do koncepcji rozwiązania słabego i metody Galerkina (opcja)	3
Algebraiczne zagadnienie własne: własności i podstawowe algorytmy numeryczne	3
Laboratorium	
Metody Newtona-Raphsona i Broydena	2
MES w zadaniach inżynierskich - wprowadzenie	2
Metody iteracyjne dla układów liniowych	2
Bezmacierzowa implementacja metody gradientów sprzężonych	2
Równania różniczkowe – metody jawne i niejawne	2
Wybrane metody wyznaczania wartości i wektorów własnych	2
Optymalizacja w różniczkowym zagadnieniu brzegowym z wykorzystaniem zagadnienia sprzężonego	2
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	2
Przygotowanie do zajęć	10
Przygotowanie do sprawdzianów	8
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych.
2. Ćwiczenia laboratoryjne – realizacja zadań wg instrukcji w wykorzystaniem udostępnionych procedur w języku C/C++
3. Projekt indywidualny na podwyższoną ocenę
4. Dostęp do strony internetowej przedmiotu.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

FL1-FL7 – oceny w postępów podczas kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych (punktowe)

FS – ocena ze sprawdzianu z teorii

FP – ocena z fakultatywnego projektu domowego

P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących, wystawianych za zajęcia laboratoryjne i sprawdzian z teorii, i ew. projekt domowy)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	FS, P
EW2	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	FS, P
EW3	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	FS, P
EW4	AiR2_W01 AiR2_W10	C1	1, 2, 3	FS, P
EU1	AiR2_U06	C2	2, 3, 4	FL5, P
EU2	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL3, P
EU3	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL1, P
EU4	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL2, FL5, P
EU5	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL6, P
EU6	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL1-FL7, P
EU7	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FS, P
EU8	AiR2_U06 AiR2_U12	C2	2, 3, 4	FL4, P

Nazwa przedmiotu:		SZTUCZNA INTELIGENCJA	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 3M	Liczba punktów ECTS: 2
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 25 h Ćwiczenia: 5 h	Praca własna: 20 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobyć wiedzę dotyczącą podstaw i historii sztucznej inteligencji.</p> <p>C2. Zdobyć wiedzę dotyczącą roli różnych dziedzin nauki w sztucznej inteligencji.</p> <p>C3. Zdobyć wiedzę dotyczącą algorytmów sztucznej inteligencji.</p> <p>C4. Zdobyć wiedzę i umiejętności dotyczących zastosowań logiki w sztucznej inteligencji.</p> <p>C5. Zdobyć wiedzę i umiejętności dotyczących metod probabilistycznych w sztucznej inteligencji.</p> <p>C6. Zdobyć wiedzę na temat symbolizmu i koneksjonizmu w sztucznej inteligencji, w tym o systemach eksperckich i sieciach neuronowych.</p> <p>C7. Zdobyć wiedzę i umiejętności dotyczących uczenia systemów sztucznej inteligencji.</p> <p>C8. Zdobyć wiedzę dotyczącą powszechnych sztucznej inteligencji, w tym w mechanice.</p> <p>C9. Zdobyć wiedzę dotyczącą aspektów filozoficznych i etycznych sztucznej inteligencji.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych działów matematyki: analizy matematycznej, logiki, rachunku prawdopodobieństwa, optymalizacji. 2. Podstawowa znajomość programowania i metod numerycznych. 3. Zalecana jest umiejętność obsługi pakietu MATLAB lub podstawowa znajomość języka Python. 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma wiedzę w zakresie podstaw i historii sztucznej inteligencji.</p> <p>EW2 – Student ma wiedzę dotyczącą roli różnych dziedzin nauki w sztucznej inteligencji.</p> <p>EW3 – Student ma wiedzę dotyczącą podstawowych algorytmów sztucznej inteligencji.</p> <p>EW4 – Student ma wiedzę dotyczącą zastosowań logiki w sztucznej inteligencji.</p> <p>EW5 – Student ma wiedzę dotyczącą metod probabilistycznych w sztucznej inteligencji.</p> <p>EW6 – Student ma wiedzę na temat symbolizmu i koneksjonizmu, systemów eksperckich i sieci neuronowych.</p> <p>EW7 – Student ma wiedzę na temat roli uczenia w sztucznej inteligencji.</p> <p>EW8 – Student ma wiedzę na temat zastosowań sztucznej inteligencji, w tym w mechanice.</p> <p>EW9 – Student ma wiedzę na temat aspektów filozoficznych i etycznych sztucznej inteligencji.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi rozwiązać zadanie wnioskowania w logice pierwszego rzędu.</p> <p>EU2 – Student potrafi zbudować prostą bazę wiedzy w logice pierwszego rzędu.</p> <p>EU3 – Student potrafi rozwiązać zadanie wnioskowania probabilistycznego z użyciem sieci Bayesa.</p> <p>EU4 – Student potrafi rozwiązać zadanie uczenia ze wzmocnieniem.</p>			

Treści merytoryczne przedmiotu	
Wykłady	Liczba godzin
Geneza i historia sztucznej inteligencji. Alan Turing i inni wizjonerzy. Sztuczna inteligencja jako element świata realnego i dziedzina wiedzy. Agent inteligentny	3
Algorytmy sztucznej inteligencji. Poszukiwania nieinformowane i informowane. Heureka. Optymalizacja. Algorytmy inspirowane biologią. Gry w sztucznej inteligencji	2
Wnioskowanie logiczne w rachunku zdań oraz w logice pierwszego rzędu. Logika rozmyta. Logiki niemonotoniczne	2
Sztuczna inteligencja symboliczna. Automatyczne dowodzenie twierdzeń. Reprezentacja wiedzy. Systemy eksperckie	2
Wnioskowanie probabilistyczne. Sieci Bayesa. Sieci dynamiczne	2
Sztuczna inteligencja koneksjonistyczna. Struktury nauczone. Sieci neuronowe	2
Rola uczenia w sztucznej inteligencji. Uczenie maszynowe: z nadzorczą, nieinformowane, ze wzmocnieniem. Uczenie oparte na obserwacjach, probabilistyczne, oparte na wiedzy	2
Planowanie i podejmowanie decyzji. Komunikacja. Elementy lingwistyki matematycznej	2
Sztuczna inteligencja w mechanice: sterowanie, modelowanie, identyfikacja. Zastosowania powszechne sztucznej inteligencji	2
Głębokie uczenie. Wielkie zbiory danych. Internet rzeczy	2
Zagadnienia filozoficzne i etyczne sztucznej inteligencji	2
Ewolucja sztucznej inteligencji – od Turinga do internetu rzeczy. Perspektywy rozwoju sztucznej inteligencji. Aktualności	2
Ćwiczenia	
Rozwiązywanie zadań wnioskowania w logice pierwszego rzędu	1
Budowa bazy wiedzy w logice pierwszego rzędu	1
Rozwiązywanie zadań wnioskowania probabilistycznego z użyciem sieci Bayesa	1
Rozwiązywanie zadań uczenia ze wzmocnieniem	1
Przygotowanie do wykonania pracy domowej	1
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	15
Przygotowanie do zajęć	5
Prace domowe	20
SUMA	70

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF).
2. Ćwiczenia z wykorzystaniem tablicy, rzutnika oraz dostarczonych materiałów.
3. Dostęp do strony internetowej przedmiotu (<https://zm.meil.pw.edu.pl>).
4. Zadania domowe do samodzielnego rozwiązania.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Fd – ocena z pracy domowej,

P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących i wystawianych za prace domowe).

Ocenie podlega praca domowa. Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: <https://zm.meil.pw.edu.pl>.

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W11	C1	1, 3	P
EW2	AiR2_W11	C2	1, 3	P
EW3	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C3	1, 3	P
EW4	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C4	1, 3	P
EW5	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C5	1, 3	P
EW6	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C6	1, 3	P
EW7	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C7	1, 3	P
EW8	AiR2_W01 AiR2_W07 AiR2_W10	C8	1, 3	P
EW9	AiR2_K02	C9	1, 3	P
EU1	AiR2_U06 AiR2_U12 AiR2_U18	C4	2, 3, 4	Fd, P
EU2	AiR2_U06 AiR2_U12 AiR2_U18	C2, C6	2, 3, 4	Fd, P
EU3	AiR2_U06 AiR2_U12 AiR2_U18	C5, C6	2, 3, 4	Fd, P
EU4	AiR2_U06 AiR2_U12 AiR2_U18	C7	2, 3, 4	Fd, P

Nazwa przedmiotu:		SIECI KOMPUTEROWE	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka, robotyka	
Kod przedmiotu:	Semestr studiów:	Liczba punktów ECTS: 3	
	2M		
Poziom przedmiotu: średnio zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla specjalności	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady:	15 h	Praca własna: 30 h
	Ćwiczenia:	0 h	
	Laboratoria:	15 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Nabycie wiedzy z zakresu architektur sieci komputerowych, zapoznanie z modelem warstwowym.</p> <p>C2. Nabycie wiedzy o fizycznych podstawach transmisji danych/sygnalów w sieciach komputerowych.</p> <p>C3. Zapoznanie ideą okablowania strukturalnego i wybranymi fragmentami odpowiednich norm.</p> <p>C4. Zapoznanie z wybranymi standardami sieci LAN/MAN/WAN (warstwa fizyczna i łącza danych).</p> <p>C5. Nabycie podstawowej wiedzy działania sieci TCP/IP.</p> <p>C6. Poznanie zagadnień z zakresu bezpieczeństwa transportu danych oraz bezpieczeństwa sieci.</p> <p>C7. Zapoznanie z aplikacjami i systemami kluczowymi dla działania sieci komputerowych i Internetu.</p> <p>C8. Nabycie umiejętności z zakresu konfiguracji sieci i diagnostyki wybranych problemów.</p> <p>C9. Nabycie umiejętności tworzenia prostych programów komputerowych działających w sieci TCP/IP.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
1. Brak.			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma abstrakcyjną wiedzę z zakresu architektur sieci komputerowych, zna pojęcie protokołu i stosu protokołów, wie czym jest model odniesienia OSI, zna jego warstwy oraz ich przeznaczenie.</p> <p>EW2 – Student ma pogładową wiedzę dotyczącą stosowanych obecnie nośników sygnału sieciowego, zachodzących w nich zjawisk pożytecznych i szkodliwych oraz idei okablowania strukturalnego.</p> <p>EW3 – Student ma pogładową wiedzę z zakresu współczesnych technologii sieci LAN/MAN/WAN, obejmującą metody transmisji sygnału, wybrane sposoby kodowania transmisyjnego, adresowanie węzłów w sieciach lokalnych, funkcje zapewniające integralność danych, algorytmy dostępu do medium transmisyjnego oraz inne wybrane aspekty komunikacji na poziomie warstwy fizycznej i łącza danych.</p> <p>EW4 – Student zna przeznaczenie protokołu IP, ma wiedzę dotyczącą adresowania IP w sieci TCP/IP, zna przeznaczenie podstawowych protokołów warstwy IP (IP, ARP, ICMP) oraz podstawowych funkcji przypisanych warstwie IP (forwarding, routing, NAT).</p> <p>EW5 – Student ma pogładową wiedzę o funkcjach warstwy transportu w TCP/IP, zna przeznaczenie i zasadę działania zabezpieczeń TLS.</p> <p>EW6 – Student ma pogładową wiedzę dotyczącą architektury i działania wybranych aplikacji i systemów wspierających działanie sieci i Internetu, w tym systemu DHCP, DNS.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi prawidłowo określić konfigurację interfejsów sieciowych w systemie operacyjnym oraz rozpoznać otoczenie sieciowe.</p>			

<p>EU2 – Student umie posługiwać się wybranym oprogramowaniem do analizy ruchu sieciowego i właściwie interpretować obserwowane rezultaty.</p> <p>EU3 – Student potrafi zweryfikować konfigurację usług i funkcji TCP/IP takich jak tablica ARP czy tablica routingu, przeprowadzić proste czynności administracyjne w tym zakresie.</p> <p>EU4 – Student umie posługiwać się wybranymi programami narzędziowymi do diagnostyki nieprawidłowości w komunikacji TCP/IP.</p> <p>EU5 – Student potrafi zaprojektować prosty protokół dla aplikacji klient-serwer oraz zaprogramować aplikację z użyciem tego protokołu.</p>	
Treści merytoryczne przedmiotu	
Wykłady	Liczba godzin
Rys historyczny - pierwsze sieci komputerowe XX wieku i powstanie Internetu. Wprowadzenie podstawowych pojęć z zakresu fizycznych podstaw transmisji sygnałów i organizacji danych. Klasyfikacja sieci komputerowych, topologie sieci, idea standardów LAN/MAN/WAN	2
Media transmisyjne, zasady działania, właściwości, klasyfikacja. Zjawiska szkodliwe w mediach transmisyjnych i metody ich redukcji. Okablowanie strukturalne	2
Stosy protokołów i modele warstwowe – przegląd modelu odniesienia OSI/ISO	2
Warstwa Fizyczna i Łącza Danych w sieciach komputerowych. Przegląd popularnych standardów sieci LAN (w tym IEEE 802.3 oraz IEEE 802.11). Metody transmisji, adresowanie w sieciach LAN, integralność danych, algorytmy dostępu do medium	2
Wprowadzenie do TCP/IP. Warstwa sieci (IP) w sieciach TCP/IP. Wybrane protokoły Internetu (IP, ARP, ICMP), adresowanie w sieciach IP, forwarding, routing, NAT, niektóre usługi i programy narzędziowe związane z warstwą IP	2
Warstwa transportu w TCP/IP. Protokoły TCP/UDP, TLS i bezpieczeństwo transportu, wybrane narzędzia software'owe związane z warstwą transportu	2
Warstwa aplikacji TCP/IP. Usługi działające nieodzwonne do działania sieci i Internetu (w tym DHCP, DNS), przegląd wybranych programów narzędziowych i systemów sieciowych	2
Sprawdzian końcowy z wykładu	1
Laboratoria	
Wprowadzenie do laboratorium, zapoznanie ze stanowiskiem pracy. Konfiguracja interfejsów sieciowych. Rozpoznawanie otoczenia sieciowego w sieci TCP/IP/Ethernet przy użyciu podstawowych narzędzi systemowych w różnych systemach operacyjnych	2
Analiza ruchu sieciowego w obrębie systemu operacyjnego. Monitorowanie połączeń. Konfiguracja zapory ogniowej	2
Konfiguracja i diagnostyka na poziomie warstwy sieci i transportu – obsługa tablicy ARP oraz narzędzi diagnostycznych ICMP. Badanie tras do hostów poza siecią lokalną. Projektowanie tablicy routingu dla systemu operacyjnego	2
Praktyczne podstawy TLS. Zapoznanie z pakietem OpenSSL. Generowanie certyfikatów. Diagnostyka połączeń używających TLS	2
Programowanie aplikacji klient-serwer z użyciem API gniazdek Berkeley – prosty chat	2
Programowanie aplikacji klient-serwer – układ zdalnego sterowania oparty o emulator	4
Sprawdzian końcowy z laboratorium	1

Obciążenie studenta pracą				
Forma aktywności				Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)				30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)				5
Przygotowanie do zajęć				15
Przygotowanie do sprawdzianów				10
SUMA				30
Narzędzia dydaktyczne				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykłady w formie prezentacji. 2. Praca w laboratorium komputerowym. 3. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych. 4. Dostęp do strony internetowej przedmiotu (http://tmr.meil.pw.edu.pl – zakładka Dla Studentów). 				
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)				
F11-F16 – oceny z ćwiczeń laboratoryjnych, Fsw – ocena zaliczeniowa z wykładu (końcowy sprawdzian), Fsl – ocena zaliczeniowa z laboratorium (końcowy sprawdzian).				
Ocenie podlega sprawdzian z wiedzy teoretycznej (Fsw) przeprowadzony na koniec semestru oraz sprawdzian końcowy z laboratorium (Fsl). Ponadto wymagane jest zaliczenie zajęć laboratoryjnych (oceny F11-F16).				
Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W05, AiR2_W12	C1	1,4	Fsw
EW2	AiR2_W05, AiR2_W12	C2,C3	1,4	Fsw
EW3	AiR2_W05, AiR2_W12	C4	1,4	Fsw
EW4	AiR2_W05, AiR2_W12	C5	1,4	Fsw
EW5	AiR2_W05, AiR2_W12	C5,C6	1,4	Fsw
EW6	AiR2_W05, AiR2_W12	C7	1,4	Fsw
EU1	AiR2_U09	C8	2,3,4	F11,Fsl
EU2	AiR2_U09	C8	2,3,4	F12,Fsl
EU3	AiR2_U09	C8	2,3,4	F13,Fsl
EU4	AiR2_U09	C8	2,3,4	F12,F13,F14
EU5	AiR2_U12	C9	2,3,4	F15,F16

Nazwa przedmiotu:		AUTOMATYZACJA PROCESÓW PROJEKTOWANIA Z WYKORZYSTANIEM PYTHONA	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka, wszystkie specjalności	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 1M	Liczba punktów ECTS: 2
Poziom przedmiotu: średnio zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady: 15 h Laboratoria: 15 h	Praca własna: 20 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Nauczenie podstaw pisania skryptów w języku Python.</p> <p>C2. Zapoznanie z możliwościami automatyzacji zadań w procesie projektowo-obliczeniowym.</p> <p>C3. Zapoznanie z technikami przetwarzania danych z zastosowaniem wybranych narzędzi środowiska Python.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
1. Elementarna wiedza z zakresu obsługi komputera i programowania w języku C lub C++.			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student zna podstawowe elementy języka Python.</p> <p>EW2 – Student orientuje się w możliwościach automatyzacji procesu projektowo-obliczeniowego.</p> <p>EW3 – Student zna wybrane narzędzia numeryczne dostępne w środowisku Python.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi tworzyć i modyfikować skrypty języka Python.</p> <p>EU2 – Student jest w stanie przeprowadzić analizę danych obliczeniowych z wykorzystaniem narzędzi Numpy i Scipy.</p> <p>EU3 – Student potrafi zautomatyzować proces obliczeniowy korzystając ze skryptów Pythona.</p>			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Wykłady			Liczba godzin
Wprowadzenie podstawowej składni języka. Struktura programu, podstawowe elementy (pętlę, instrukcje warunkowe ...). Podkreślenie różnic w sposobie działania języka w odniesieniu do znanych studentom języków programowania			2
Funkcje, klasy, metody. Zmienne typowane dynamicznie. Wprowadzenie obiektowego paradygmatu programowania			2
Biblioteka graficzna Matplotlib. Przygotowanie grafik i wykresów na podstawie danych			2
Kontrola procesu obliczeniowego. Automatyzacja, wywoływanie i kontrola zadań (np. na serwerze HPC)			2
Wykorzystanie zewnętrznych bibliotek oprogramowania inżynierskiego na przykładzie jednego z: Tecplot, ParaView, Ansys, inne			2
Budowa interfejsu do istniejącego oprogramowania. Rozwój bibliotek w C/Fortran i innych			1
Wykorzystanie bibliotek Numpy i Scipy do przetwarzania danych obliczeniowych			2

Laboratoria	
Wprowadzenie do programowania w języku Python. Przedstawienie podstawowych narzędzi programistycznych i zasad programowania strukturalnego w języku Python – typy danych, załączanie bibliotek, instrukcje warunkowe, pętle, instrukcje wejścia/wyjścia, wywoływanie skryptów	2
Podstawy programowania obiektowego w języku Python. Tworzenie typów użytkownika, pojęcie klasy, metody. Przedstawienie podstawowych kolekcji	2
Tworzenie grafik i wykresów z wykorzystaniem narzędzi biblioteki Matplotlib.	2
Zarządzanie zewnętrznymi procesami obliczeniowymi. Przedstawienie podstawowych narzędzi umożliwiających tworzenie i zarządzanie wątkami i procesami. Wykorzystanie do automatyzacji procesu optymalizacji z wykorzystaniem obliczeń CFD	2
Zastosowanie interfejsu programowania aplikacji (API) narzędzi inżynierskich w języku Python na wybranym przykładzie (Tecplot, Paraview, Ansys lub inne)	2
Tworzenie interfejsu programowania aplikacji (API) dla istniejących aplikacji i bibliotek w języku C/C++ lub Fortran	1
Wykorzystanie wybranych narzędzi obliczeniowych dostępnych w bibliotekach Scipy oraz Numpy do przetwarzania danych	2
Obciążenie studenta pracą	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Prace domowe	15
SUMA	50
Narzędzia dydaktyczne	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF oraz interaktywne arkusze Jupyter Notebook. 2. Treść wykładów i zadania laboratoryjne w formie plików (PDF). 3. Praca na laboratoriach przy komputerach. 4. Zindywidualizowane projekty programistyczne do samodzielnego rozwiązania. 5. Dostęp do strony internetowej przedmiotu, repozytorium przedmiotu na portalu GitHub oraz instrukcje laboratoryjne. 	
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)	
Fd1-Fd2 – oceny z prac domowych, F11-F15 – oceny z ćwiczeń laboratoryjnych, F1 – ocena z testu na laboratorium, Ocenie podlegają prace domowe, praca na zajęciach laboratoryjnych oraz kolokwium przeprowadzone na laboratoriach. Szczegóły systemu oceniania opublikowane na stronie internetowej przedmiotu.	

Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AIR2_W10	C1	Wykład, praca domowa	Fd1,Fd2,F1
EW2	AiR2_W10 AiR2_W11	C2	Wykład, praca domowa	Fd1,Fd2,F1
EW3	AiR_W11	C3	Wykład, praca domowa	Fd1,Fd2,F1
EU1	AiR_U04 AiR_U12	C1	Laboratorium	F11-F15
EU2	AiR_U04 AiR_U12	C2	Laboratorium	F11-F15
EU3	AiR_U10 AiR_U12	C3	Laboratorium	F11-F15

Nazwa przedmiotu:		ROBOTY AUTONOMICZNE	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 3M	Liczba punktów ECTS: 3
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla kierunku	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Wykłady:	30 h	Praca własna: 15 h
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobycie wiedzy dotyczącej pojęcia autonomii i sztucznej inteligencji w robotyce. C2. Zaznajomienie się z zaawansowanymi zagadnieniami nawigacji C3. Zdobycie wiedzy w zakresie pracy zespołowej robotów ze sobą nawzajem i z człowiekiem. C4. Pozyskanie wiedzy o maszynach kroczących, mikrorobotyce i zastosowaniach robotów autonomicznych.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<p>1. Zalecana jest wiedza z zakresu przedmiotu <i>Roboty mobilne</i> ze studiów I stopnia. 2. Zalecana jest znajomość zagadnień z kinematyki i dynamiki na poziomie odpowiadającym studiom I stopnia.</p>			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zastosowania technik sztucznej inteligencji w robotyce. EW2 – Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat nawigacji w robotach autonomicznych. EW3 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zagadnień dotyczących współpracy robotów oraz kooperacji z człowiekiem. EW4 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę o maszynach kroczących, mikrorobotach i o kierunkach prac badawczych w zakresie robotyki.</p>			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Wykłady			Liczba godzin
Wprowadzenie, definicja autonomii, poziomy autonomii			2
Sztuczna inteligencja w robotyce: sensoryka, działanie, planowanie i uczenie			4
Agregacja danych z czujników			2
Techniki jednoczesnego mapowania i samolokalizacji (SLAM)			4
Zaawansowane metody planowania ścieżki			2
Praca zespołowa robotów – komunikacja, planowanie i organizacja działań			2
Systemy wieloagentowe w robotyce			2
Roboty kooperujące z człowiekiem			2
Maszyny kroczące – konstrukcje, sposoby lokomocji, systemy sterowania,			2
Mikrorobotyka			2
Zastosowania robotów autonomicznych			2
Kierunki prac badawczych w robotyce mobilnej			2
Sprawdzian zaliczeniowy			2

Obciążenie studenta pracą				
Forma aktywności				Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)				30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)				5
Przygotowanie do sprawdzianu				10
SUMA				45
Narzędzia dydaktyczne				
<ol style="list-style-type: none"> Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF). Dostęp do strony internetowej przedmiotu (https://ztmir.meil.pw.edu.pl – zakładka Dla Studentów). 				
Metody oceny (P – podsumowująca)				
<p>P – ocena podsumowująca, wystawiana na podstawie sprawdzianu zaliczeniowego</p> <p>Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: https://ztmir.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).</p>				
Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W05 AiR2_W11 AiR2_W12	C1	1, 2	P
EW2	AiR2_W11 AiR2_W12	C2	1, 2	P
EW3	AiR2_W02 AiR2_W11 AiR2_W12	C3	1, 2	P
EW4	AiR2_W11	C4	1, 2	P

Nazwa przedmiotu:		PROGRAMOWANIE W ROS	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 3M	Liczba punktów ECTS: 2
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy	
Wymiar przedmiotu: 30 h	Laboratorium:	30 h	Praca własna: 20 h
Cele przedmiotu			
C1. Zdobycie praktycznej wiedzy i umiejętności z zakresu planowania trajektorii, kinematyki prostej i odwrotnej manipulatorów.			
C2. Zdobycie praktycznej wiedzy z zakresu programowania robotów.			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
1. Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu kinematyki i dynamiki manipulatorów.			
2. Znajomość programowania w Pythonie lub C++.			
Efekty uczenia się (wiedza)			
EW1 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę na temat budowy systemów sterowania prostych robotów.			
EW2 – Student ma uporządkowaną wiedzę na temat architektury oprogramowania prostych robotów.			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
EU1 – Umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych w robotyce oraz interpretowania uzyskanych wyników i wyciągania wniosków.			
EU2 – Umiejętność wykorzystywania metod analitycznych i symulacyjnych w robotyce.			
EU3 – Umiejętność zaprojektowania struktury prostego układu sterowania robota oraz rozwiązania prostego i odwrotnego zagadnienie kinematyki.			
Treści merytoryczne przedmiotu			
Laboratoria			Liczba godzin
Modelowanie i wizualizacja robota			5
Interpolacja ruchu robota			5
Kinematyka robota			6
Symulacja robotów			8
Sprawdziany (wejściówki)			6
Obciążenie studenta pracą			
Forma aktywności			Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)			30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)			5
Przygotowanie do zajęć			5
Prace domowe			10
SUMA			50

Narzędzia dydaktyczne				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Instrukcje laboratoryjne. 2. Pokazy multimedialne z zastosowaniem rzutnika, dostarczonych materiałów i oprogramowania symulacyjnego. 3. Dostęp do strony internetowej przedmiotu. 				
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)				
Fw – oceny ze sprawdzianów (wejściówek) w trakcie laboratorium				
Fs – oceny ze sprawozdań				
P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących).				
Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W01 AiR2_W12	C1, C2	1, 2, 3	Fw, P
EW2	AiR2_W01 AiR2_W11 AiR2_W12	C1, C2	1, 2, 3	Fw, P
EU1	AiR2_U01 AiR2_U02 AiR2_U03 AiR2_U09	C1, C2	1, 2, 3	Fw, Fs, P
EU2	AiR2_U01 AiR2_U02 AiR2_U03 AiR2_U09	C1, C2	1, 2, 3	Fw, Fs, P
EU3	AiR2_U01 AiR2_U02 AiR2_U03 AiR2_U09	C1, C2	1, 2, 3	Fw, Fs, P

Nazwa przedmiotu:		DRUK 3D W WYTWARZANIU PROTEZ KOŃCZYN	
Stopień studiów:		II (magisterski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Robotyka i automatyka, biomechanika i biorobotyka	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 3M	Liczba punktów ECTS: 4
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obowiązkowy dla specjalności	
Wymiar przedmiotu: 60 h	Wykłady: 30 h Laboratorium: 30 h	Praca własna: 40 h	
Cele przedmiotu			
<p>C1. Zdobyć wiedzy i umiejętności z zakresu biomechaniki i biorobotyki.</p> <p>C2. Zdobyć wiedzy i umiejętności dotyczących nowoczesnych metod wytwarzania w tym wytwarzania przyrostowego i ubytkowego CNC.</p> <p>C3. Zdobyć wiedzy i umiejętności w zakresie nowoczesnych metod pomiarowych w tym skanowania 3D i cyfrowej korelacji obrazu.</p> <p>C4. Pozyskanie wiedzy z zakresu metod konstruowania i optymalizacji mechanicznej układów biomechanicznych.</p>			
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu statyki, kinematyki i dynamiki. 2. Znajomość zagadnień z zakresu materiałoznawstwa i wytrzymałości materiałów. 3. Znajomość komputerowych metod wspomagania projektowanie CAD/CAM/CAE. 4. Znajomość podstaw biomechaniki (rekomendowana, nie jest wymagana). 			
Efekty uczenia się (wiedza)			
<p>EW1 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie anatomicznych podstaw biomechaniki kończyn człowieka.</p> <p>EW2 – Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat struktur mechanicznych i napędów wykorzystywanych w budowie protez kończyn.</p> <p>EW3 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie pomiarów wielkości fizycznych, w tym sygnałów biologicznych, na potrzeby sterowania zaawansowanymi protezami bionicznymi.</p> <p>EW4 – Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie nowoczesnych metod pomiarowych z wykorzystaniem zaawansowanych metod komputerowych na potrzeby projektowania protez kończyn.</p>			
Efekty uczenia się (umiejętności)			
<p>EU1 – Student potrafi pozyskiwać, analizować i twórczo wykorzystać informacje z różnych źródeł, w tym w języku angielskim, na potrzeby projektowania i wytwarzania protez kończyn i ich elementów.</p> <p>EU2 – Student potrafi zaplanować i zrealizować złożony projekt z zakresu biomechaniki i biorobotyki wymagający wiedzy multidyscyplinarnej i pracy zespołowej.</p> <p>EU3 – Student potrafi ocenić i dokonać właściwego wyboru materiałów i metod wytwarzania do opracowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie biorobotyki.</p> <p>EU4 – Student potrafi zaplanować i przeprowadzić badania numeryczne i doświadczalne (oraz opracować uzyskane wyniki i sformułować wnioski) zaprojektowanego i wykonanego układu biorobotycznego (protezy kończyny).</p>			

Treści merytoryczne przedmiotu	
Wykłady	Liczba godzin
Kończyna górna – podstawy anatomiczne, analiza biomechaniczna, przykłady istniejących rozwiązań protetycznych	3
Kończyna dolna – podstawy anatomiczne, analiza biomechaniczna, przykłady istniejących rozwiązań protetycznych	3
Wykorzystanie danych z obrazowych badań medycznych do stworzenia modelu struktury wewnętrznej kikuta kończyn po amputacji	3
Zadanie mocowania leja protezy do kikuta kończyny i doboru sztywności leja	3
Opracowanie założeń do projektu protezy dla wybranego przypadku	3
Metody optyczne pomiaru kształtu. Pomiary metodą skanowania 3D z wykorzystaniem techniki światła strukturalnego i fotogrametrii. Podstawowe informacje w zakresie optycznych metod pomiarowych. Zakresy stosowalności poszczególnych metod	3
Metody pomiaru deformacji, przemieszczeń i odkształceń struktur. Pomiary metodą cyfrowej korelacji obrazu. Zasada działania metody, przygotowanie obiektu i aparatury pomiarowej do przeprowadzenia pomiaru	3
Przegląd technologii wytwarzania przyrostowego pod kątem zastosowania w biorobotyce i biomechanice. Porównanie technologii takich jak (FDM, SLA, SLS, DLP, DMLS) pod kątem możliwości technologicznych, właściwości materiałowych i kosztów procesu. Dobór technologii w zależności od wielkości produkcji	3
Mechanizmy podatne. Porównanie mechanizmów podatnych do mechanizmów klasycznych – wady i zalety. Podstawowe informacje z zakresu kinematyki mechanizmów podatnych i metod ich wytwarzania	3
Metody projektowania i wytwarzania mikromechanizmów stosowanych w biomechanice i biorobotyce	3
Ćwiczenia laboratoryjne	
1. Skanowanie 3D kończyny górnej ¹ z wykorzystaniem skanera 3D lub fotogrametrii	4
2. Obróbka skanów 3D uzyskanych metodą fotogrametrii, światła strukturalnego, tomografii komputerowej	4
3. Modelowanie kończyny górnej z wykorzystaniem oprogramowania CAD 3D. Modelowanie elementów sztywnych i podatnych z wykorzystaniem mechanizmów klasycznych i podatnych	4
4. Optymalizacja numeryczna (MES) modelu protezy kończyny górnej pod kątem wytrzymałości i sztywności z uwzględnieniem ograniczeń technologicznych i kosztów wytwarzania	4
5. Przygotowanie do wytwarzania z wykorzystaniem technologii przyrostowych i CNC. Orientacja wytwarzanego obiektu w przestrzeni roboczej maszyny, dobór materiału i parametrów struktury wewnętrznej	4
6. Wytwarzanie elementów protezy kończyny górnej. Podstawy praktycznej pracy z drukarkami 3D, zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, dobre praktyki oraz rozwiązywanie najczęstszych problemów eksploatacyjnych. Obróbka wytworzonych elementów	4
7. Badania właściwości funkcjonalnych i mechanicznych wytworzonego prototypu z wykorzystaniem metody cyfrowej korelacji obrazu. Pomiary deformacji i odkształceń elementów pod wpływem obciążenia. Weryfikacja modeli numerycznych	4

¹ Przedstawiony opis ćwiczeń dotyczy projektowania i wykonania protezy kończyny górnej. Podobny zestaw ćwiczeń jest możliwy dla kończyny dolnej. O wyborze protezowanej kończyny w danym semestrze decydować będzie dostępność dokumentacji medycznej lub preferencje studentów.

Sprawdzian końcowy		2		
Obciążenie studenta pracą				
Forma aktywności				Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)				60
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)				10
Przygotowanie do zajęć				20
Przygotowanie do sprawdzianu końcowego				10
SUMA				100
Narzędzia dydaktyczne				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykłady w formie prezentacji multimedialnych (PowerPoint, PDF), możliwe demonstracje w laboratorium. 2. Ćwiczenia w laboratorium komputerowym (projekt) oraz druku 3D (wykonanie demonstratora). 3. Dostęp do strony internetowej przedmiotu (https://ztmir.meil.pw.edu.pl – zakładka Dla Studentów). 				
Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)				
Fl1-Fl6 – oceny realizacji poszczególnych etapów prac w laboratorium (ćwiczenia 1 i 2 ocena łączna), Fs1 – ocena ze sprawdzianu końcowego, P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących, wystawianych za wykonanie poszczególnych etapów prac laboratoryjnych i sprawdzianu końcowego). Szczegóły systemu oceniania będą opublikowane na stronie internetowej przedmiotu: https://ztmir.meil.pw.edu.pl – (zakładka Dla Studentów).				
Realizacja efektów uczenia się				
Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	AiR2_W08	C1	1, 3	Fs1, P
EW2	AiR2_W08 AiR2_W10	C2	1, 2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EW3	AiR2_W06	C4	1, 2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EW4	AiR2_W06 AiR2_W10	C3	1, 2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EU1	AiR2_U01 AiR2_U05 AiR2_U20	C1	1, 2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EU2	AiR2_U02 AiR2_U06 AiR2_U12 AiR2_U15	C3	2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EU3	AiR2_U16	C2	2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P
EU4	AiR2_U03 AiR2_U06 AiR2_U15	C4	2, 3	Fl1–Fl6, Fs1, P