**Nazwa przedmiotu:**

Druk 3D w wytwarzaniu protez kończyn

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Cezary Rzymkowski, dr inż. Michał Kowalik, dr inż. Witold Rządkowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Robotyka i Automatyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

-

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia): 60
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje): 10
Przygotowanie do zajęć: 20
Przygotowanie do sprawdzianu końcowego: 10
SUMA: 100

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2 ECTS – 70 h, w tym:
Zajęcia: 60 h
Konsultacje: 10 h

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

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)

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Cele przedmiotu
C1. Zdobycie wiedzy i umiejętności z zakresu biomechaniki i biorobotyki
C2. Zdobycie wiedzy i umiejętności dotyczących nowoczesnych metod wytwarzania w tym wytwarzania przyrostowego i ubytkowego CNC
C3. Zdobycie wiedzy i umiejętności w zakresie nowoczesnych metod pomiarowych w tym skanowania 3D i cyfrowej korelacji obrazu
C4. Pozyskanie wiedzy z zakresu metod konstruowania i optymalizacji mechanicznej układów biomechanicznych

**Treści kształcenia:**

Wykłady
Kończyna górna – podstawy anatomiczne, analiza biomechaniczna, przykłady istniejących rozwiązań protetycznych
Kończyna dolna – podstawy anatomiczne, analiza biomechaniczna, przykłady istniejących rozwiązań protetycznych
Wykorzystanie danych z obrazowych badań medycznych do stworzenia modelu struktury wewnętrznej kikuta kończyn po amputacji
Zadanie mocowania leja protezy do kikuta kończyny i doboru sztywności leja.
Opracowanie założeń do projektu protezy dla wybranego przypadku.
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.
Metody pomiaru deformacji, przemieszczeń i odkształceń struktur. Pomiary metodą cyfrowej korelacji obrazu. Zasada działania metody, przygotowanie obiektu i aparatury pomiarowej do przeprowadzenia pomiaru.
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.
Mechanizmy podatne. Porównanie mechanizmów podatnych do mechanizmów klasycznych – wady i zalety. Podstawowe informacje z zakresu kinematyki mechanizmów podatnych i metod ich wytwarzania.
Metody projektowania i wytwarzania mikromechanizmów stosowanych w biomechanice i biorobotyce.

Ćwiczenia laboratoryjne
1. Skanowanie 3D kończyny górnej z wykorzystaniem skanera 3D lub fotogrametrii.
2. Obróbka skanów 3D uzyskanych metodą fotogrametrii, światła strukturalnego, tomografii komputerowej.
3. Modelowanie kończyny górnej z wykorzystaniem oprogramowania CAD 3D. Modelowanie elementów sztywnych i podatnych z wykorzystaniem mechanizmów klasycznych i podatnych.
4. Optymalizacja numeryczna (MES) modelu protezy kończyny górnej pod kątem wytrzymałości i sztywności z uwzględnieniem ograniczeń technologicznych i kosztów wytwarzania.
5. Przygotowanie do wytwarzania z wykorzystaniem technologii przyrostowych i CNC. Orientacja wytwarzanego obiektu w przestrzeni roboczej maszyny, dobór materiału i parametrów struktury wewnętrznej.
6. Wytwarzanie elementów protezy kończyny górnej. Podstawy praktyczne pracy z drukarkami 3D, zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, dobre praktyki oraz rozwiązywanie najczęstszych problemów eksploatacyjnych. Obróbka wytworzonych elementów.
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.
Sprawdzian końcowy

**Metody oceny:**

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.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Kalaskar, Deepak M. : 3D Printing in Medicine, Elsevier (2017).
2. Gebhardt, Andreas; Hötter, Jan-Steffen: Additive Manufacturing - 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser Publishers (2016).
3. Gebhardt, Andreas; Kessler, Julia; Thurn, Laura : 3D Printing - Understanding Additive Manufacturing (2nd Edition), Hanser Publishers (2019).
4. Information Resources Management Association: 3D printing: Breakthroughs in research and practice, IGI Global (2017).
5. Tuchin, Valery V.: Handbook of Optical Biomedical Diagnostics, Volume 2 - Methods (2nd Edition), SPIE (2016).
6. Bronzino, Joseph D.; Peterson, Donald R.: Biomedical Engineering Handbook - Biomedical Engineering Fundamentals (4th edition), Taylor & Francis (2015).
7. Sonka, Milan; Fitzpatrick, J. Michael: Handbook of Medical Imaging, Volume 2 - Medical Image Processing and Analysis, SPIE (2009).
8. Bartels, V. T.: Handbook of Medical Textiles, Woodhead Publishing (2011).
9. Pyrzanowski P.: Metody eksperymentalne w mechanice i budowie maszyn, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (2019).
10. Materiały na stronie http://tmr.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka EW1:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie anatomicznych podstaw biomechaniki kończyn człowieka.

Weryfikacja:

sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW2:**

Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat struktur mechanicznych i napędów wykorzystywanych w budowie protez kończyn.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08, AiR2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW3:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie pomiarów wielkości fizycznych, w tym sygnałów biologicznych, na potrzeby sterowania zaawansowanymi protezami bionicznymi.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW4:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie nowoczesnych metod pomiarowych z wykorzystaniem zaawansowanych metod komputerowych na potrzeby projektowania protez kończyn.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W06, AiR2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka 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.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05, AiR2\_U20, AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UK, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka EU2:**

Student potrafi zaplanować i zrealizować złożony projekt z zakresu biomechaniki i biorobotyki wymagający wiedzy multidyscyplinarnej i pracy zespołowej.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U02, AiR2\_U06, AiR2\_U12, AiR2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UO, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka EU3:**

Student potrafi ocenić i dokonać właściwego wyboru materiałów i metod wytwarzania do opracowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie biorobotyki.

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka EU4:**

Student potrafi zaplanować i przeprowadzić badania numeryczne i doświadczalne (oraz opracować uzyskane wyniki i sformułować wnioski) zaprojektowanego i wykonanego układu biorobotycznego (protezy kończyny).

Weryfikacja:

zaliczenie etapów prac laboratoryjnych, sprawdzian końcowy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U03, AiR2\_U06, AiR2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, III.P6S\_UW.o