



## KARTA PRZEDMIOTU

|                                      |                                                   |                  |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------|
| Kod przedmiotu                       | studia stacjonarne:                               | <b>Z-IB-542</b>  |
|                                      | studia niestacjonarne:                            | <b>Z-IBN-542</b> |
| Nazwa przedmiotu                     | <b>Czujniki i Pomiary w Rehabilitacji</b>         |                  |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim | <b>Sensors and Measurements in Rehabilitation</b> |                  |
| Obowiązuje od roku akademickiego     | <b>2026/2027</b>                                  |                  |

## USYTUOWANIE PRZEDMIOTU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                  |           |                                                |
|----------------------------------|-----------|------------------------------------------------|
| Kierunek studiów                 |           | <b>INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA</b>                  |
| Poziom kształcenia               |           | <b>I stopień</b>                               |
| Profil studiów                   |           | <b>Praktyczny</b>                              |
| Forma i tryb prowadzenia studiów |           | <b>Studia stacjonarne i niestacjonarne</b>     |
| Zakres                           |           | <b>Biomechanika i robotyka rehabilitacyjna</b> |
| Jednostka prowadząca przedmiot   | Uczelnia  | <b>Politechnika Świętokrzyska</b>              |
|                                  | Jednostka | <b>Katedra Mechatroniki i Uzbrojenia</b>       |
| Koordynator przedmiotu           |           | <b>dr hab. inż. Piotr Woś, prof. PŚk</b>       |
| Zatwierdził                      |           | <b>dr hab. inż. Dariusz Bojczuk, prof. PŚk</b> |

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                                          |                       |                                  |
|------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Przynależność do grupy/bloku przedmiotów |                       | <b>Przedmiot specjalnościowy</b> |
| Status przedmiotu                        |                       | <b>Wybieralny</b>                |
| Język prowadzenia zajęć                  |                       | <b>Polski</b>                    |
| Usytuowanie w planie studiów - semestr   | studia stacjonarne    | <b>Semestr V</b>                 |
|                                          | studia niestacjonarne | <b>Semestr V</b>                 |
| Wymagania wstępne                        |                       | <b>Brak</b>                      |
| Egzamin (TAK/NIE)                        |                       | <b>TAK</b>                       |
| Liczba punktów ECTS                      |                       | <b>4</b>                         |

| Forma prowadzenia zajęć   |                        | wykład    | ćwiczenia | laboratorium | projekt   | Inne |
|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------|
| Liczba godzin w semestrze | studia stacjonarne:    | <b>30</b> |           | <b>15</b>    | <b>15</b> |      |
|                           | studia niestacjonarne: | <b>18</b> |           | <b>9</b>     | <b>9</b>  |      |

**EFEKTY UCZENIA SIĘ**

| Kategoria             | Symbol efektu | Efekty kształcenia                                                                                                                                                                                           | Odniesienie do efektów kierunkowych |
|-----------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Wiedza                | W01           | Zna i rozumie budowę, zasady fizyczne oraz charakterystyki metrologiczne czujników (m.in. rezystancyjnych, inercyjnych, bioelektrycznych) stosowanych we wspomaganiu i monitorowaniu procesów rehabilitacji. | IB1_W04<br>IB1_W12                  |
|                       | W02           | Posiada wiedzę na temat metod akwizycji, kondycjonowania i przetwarzania sygnałów biomedycznych oraz zna specyfikę pomiarów kinematyki i dynamiki ruchu człowieka.                                           | IB1_W06                             |
|                       | W03           | Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie norm bezpieczeństwa (PN-EN 60601), standardów technicznych oraz nowoczesnych technologii (np. VR, systemy biofeedback) wykorzystywanych w inżynierii rehabilitacyjnej.    | IB1_W05<br>IB1_W11                  |
| Umiejętności          | U01           | Potrafi dobrać odpowiednie czujniki i aparaturę pomiarową do zdefiniowanego problemu klinicznego oraz zaplanować procedurę pomiarową w celu oceny postępów rehabilitacji.                                    | IB1_U07                             |
|                       | U02           | Potrafi zaprojektować prosty system pomiarowy, przeprowadzić akwizycję danych (np. EMG, IMU) oraz dokonać ich interpretacji w kontekście analizy czynnościowej pacjenta.                                     | IB1_U08<br>IB1_U14                  |
| Kompetencje społeczne | K01           | Rozumie znaczenie odpowiedzialności za precyzję pomiarów i rzetelność wyników w kontekście bezpieczeństwa pacjenta oraz etyki inżynierskiej w pracy z ludźmi.                                                | IB1_K02<br>IB1_K04                  |
|                       | K02           | Jest gotów do pracy w zespole interdyscyplinarnym (inżynier-lekarz-fizjoterapeuta) oraz rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się w zakresie dynamicznie rozwijających się technologii medycznych.         | IB1_K01                             |

## TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć  | Treści programowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| wykład       | <p>Wstęp do metrologii w rehabilitacji. Podstawowe pojęcia (dokładność, precyzja, błąd pomiarowy, kalibracja). Specyfika pomiarów biomedycznych i wyzwania związane z interakcją człowiek-urządzenie. Charakterystyka sygnałów biomedycznych. Rodzaje sygnałów wykorzystywanych w rehabilitacji (elektryczne, mechaniczne, akustyczne). Pasma częstotliwości i wymogi próbkowania. Czujniki rezystancyjne i tensometryczne. Zasada działania, układy mostkowe. Zastosowanie w dynamometrii, pomiarach siły chwytu i platformach stabilograficznych. Goniometria elektroniczna. Czujniki potencjometryczne, enkodery optyczne, elastyczne czujniki ugięcia (bend sensors). Pomiar zakresu ruchomości stawów (ROM). Czujniki inercyjne (IMU) w analizie ruchu. Akcelerometry, żyroskopy, magnetometry. Fuzja danych (sensor fusion) i wyznaczanie orientacji w przestrzeni. Zastosowanie w monitorowaniu aktywności i detekcji upadków. Elektromiografia (sEMG) w rehabilitacji. Elektrody powierzchniowe, kondycjonowanie sygnału. Wykorzystanie EMG do oceny zmęczenia mięśniowego i sterowania protezami. Pomiar ciśnienia i rozkładu sił nacisku. Maty tensometryczne, wkładki do butów (podobarografia). Analiza chodu i równowagi statycznej/dynamicznej. Biofeedback i systemy sprzężenia zwrotnego. Rola czujników w pętli sprzężenia zwrotnego. Wizualizacja i sonifikacja danych pomiarowych w procesie usprawniania. Nowoczesne technologie w rehabilitacji. Wykorzystanie czujników w systemach Rzeczywistości Wirtualnej (VR) oraz w egzoszkieleciech rehabilitacyjnych. Bezpieczeństwo i standardy. Normy dotyczące urządzeń medycznych (PN-EN 60601), izolacja galwaniczna bezpieczeństwo elektryczne pacjenta.</p> |
| laboratorium | <p>Wprowadzenie do aparatury pomiarowej. Obsługa podstawowych torów pomiarowych, oscyloskopów i systemów akwizycji danych (DAQ) w kontekście sygnałów biomedycznych. Goniometria praktyczna. Porównanie goniometru manualnego z elektronicznym czujnikiem kąta. Kalibracja i wyznaczanie charakterystyki przetwarzania czujnika ugięcia. Pomiar siły mięśniowej: Wykorzystanie tensometrów do budowy prostego dynamometru. Pomiar siły ścisku dłoni (handgrip test) i analiza zmęczenia. Akwizycja i analiza sygnału EMG. Rozmieszczenie elektrod, rejestracja czynności mięśniowej podczas różnych obciążeń, obserwacja artefaktów ruchowych. Analiza parametrów kinematycznych (IMU). Rejestracja danych z akcelerometru przymocowanego do kończyny. Podstawowa analiza chodu (kroki, fazy chodu) na podstawie surowych danych. Stabilografia. Pomiar na platformie balansowej. Wyznaczanie parametrów COP (Center of Pressure) przy oczach otwartych i zamkniętych (próba Romberga). Zaliczenie laboratoriów. Praktyczne sprawdzenie umiejętności konfiguracji toru pomiarowego.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| projekt      | <p>Definicja problemu rehabilitacyjnego. Wybór konkretnego schorzenia lub dysfunkcji (np. niedowład po udarze, rekonstrukcja ACL) i określenie potrzebnych parametrów do monitorowania. Dobór sensorów i elektroniki. Selekcja odpowiednich czujników (zakresy pomiarowe, czułość, rozmiar) oraz mikrokontrolera/systemu DAQ. Opracowanie schematu blokowego systemu. Projektowanie układu kondycjonowania: Dobór wzmacniaczy, filtrów (dolnoprzepustowe, górnoprzepustowe, notch) w celu eliminacji zakłóceń. Algorytmika i przetwarzanie danych. Opracowanie algorytmu interpretacji danych (np. zliczanie powtórzeń ćwiczenia, alarmowanie o przekroczeniu zakresu ruchu). Koncepcja interfejsu użytkownika (HMI). Projekt wizualizacji danych dla fizjoterapeuty lub pacjenta (aplikacja mobilna/desktopowa - makietą). Prezentacja projektu. Obrona koncepcji systemu pomiarowego wraz z analizą kosztorysu i analizą błędów pomiarowych.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

**METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

| Symbol efektu | Metody sprawdzania efektów kształcenia |                 |           |         |              |                             |
|---------------|----------------------------------------|-----------------|-----------|---------|--------------|-----------------------------|
|               | Egzamin ustny                          | Egzamin pisemny | Kolokwium | Projekt | Sprawozdanie | Inne (obserwacja, dyskusja) |
| W01           |                                        | X               |           |         |              |                             |
| W02           |                                        | X               |           |         |              |                             |
| W03           |                                        | X               |           |         |              |                             |
| U01           |                                        |                 | X         | X       | X            |                             |
| U02           |                                        |                 | X         | X       | X            |                             |
| K01           |                                        |                 |           |         |              | X                           |
| K02           |                                        |                 |           |         |              | X                           |

**FORMA I WARUNKI ZALICZENIA**

| Forma zajęć  | Forma zaliczenia   | Warunki zaliczenia                                                                                 |
|--------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| wykład       | egzamin            | Pozytywne zaliczenie egzaminu. Uzyskanie, co najmniej 50 % punktów.                                |
| laboratorium | zaliczenie z oceną | Pozytywne zaliczenie sprawdzianu końcowego. Uzyskanie co najmniej 50 % punktów.                    |
| projekt      | zaliczenie z oceną | Pozytywne zaliczenie sprawozdań z zajęć. Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen cząstkowych. |

## NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Bilans punktów ECTS |                                                                                                 |                       |   |    |    |   |                          |   |   |   |   |                |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|----|----|---|--------------------------|---|---|---|---|----------------|
| Lp.                 | Rodzaj aktywności                                                                               | Obciążenie studenta   |   |    |    |   |                          |   |   |   |   | Jed-<br>nostka |
|                     |                                                                                                 | studia<br>stacjonarne |   |    |    |   | studia<br>niestacjonarne |   |   |   |   |                |
| 1.                  | Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów                                                     | W                     | C | L  | P  | S | W                        | C | L | P | S | h              |
|                     |                                                                                                 | 30                    |   | 15 | 15 |   | 18                       |   | 9 | 9 |   |                |
| 2.                  | Inne (konsultacje, egzamin)                                                                     | 2                     |   | 1  | 1  |   | 2                        |   | 1 | 1 |   | h              |
| 3.                  | Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego                                       | 64                    |   |    |    |   | 40                       |   |   |   |   | h              |
| 4.                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego | 2,6                   |   |    |    |   | 1,6                      |   |   |   |   | ECTS           |
| 5.                  | Liczba godzin samodzielnej pracy studenta                                                       | 36                    |   |    |    |   | 60                       |   |   |   |   | h              |
| 6.                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy                         | 1,4                   |   |    |    |   | 2,4                      |   |   |   |   | ECTS           |
| 7.                  | Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym                                     | 50                    |   |    |    |   | 50                       |   |   |   |   | h              |
| 8.                  | Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym            | 2                     |   |    |    |   | 2                        |   |   |   |   | ECTS           |
| 9.                  | Sumaryczne obciążenie pracą studenta                                                            | 100                   |   |    |    |   | 100                      |   |   |   |   | h              |
| 10.                 | Punkty ECTS za moduł<br><i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>                       | 4                     |   |    |    |   |                          |   |   |   |   |                |

## LITERATURA

1. Togo, S., et al. "Sensors and Measurements in Rehabilitation", Springer.
2. Sienkiewicz, P. "Inżynieria rehabilitacyjna", Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
3. Webster, J.G. "Medical Instrumentation: Application and Design".