



Identyfikacja i modelowanie struktur i procesów biologicznych

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria Biomedyczna Specjalność Wszystkie Jednostka organizacyjna Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Poziom kształcenia Studia magisterskie inżynierskie II stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2025/2026 Kod przedmiotu EIBMS.IIi1.01556.25 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty ogólne Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Ludwin Molina-Arias	
Prowadzący zajęcia	Ludwin Molina-Arias	
Okres Semestr 1	Forma zaliczenia Egzamin Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 14 Ćwiczenia laboratoryjne: 14	Liczba punktów ECTS 2

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Celem zajęć jest zapoznanie słuchaczy z podstawowymi metodami analizy, identyfikacji i modelowania układów biologicznych, które pozwalają na opisywanie oraz przewidywanie ich zachowań.
----	--

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Zna zjawiska fizyczne i ich poszerzone modele matematyczne oraz numeryczne w zakresie zastosowań metod mechaniki, analizy sygnałów, bioinformatyki oraz modelowania systemów biologicznych w inżynierii biomedycznej	IBM2A_W01	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie
W2	Zna metody matematyczne służące do rozwiązywania i modelowania zagadnień inżynierskich z zakresu inżynierii biomedycznej z uwzględnieniem opisu macierzowego, różniczkowego, całkowego oraz algorytmicznego	IBM2A_W01	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie
W3	Zna najważniejsze problemy w zakresie modelowania w bioinżynierii w zakresie metod eksperymentalnych, symulacji i obliczeń numerycznych	IBM2A_W01	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Potrafi ocenić przydatność standardowych metod możliwych do zastosowania dla rozwiązania postawionego problemu inżynierskiego z zakresu bioinżynierii, szczególnie w obszarze swojej specjalności. Potrafi również dostrzec ograniczenia tych metod oraz potencjalne możliwości ich modyfikacji i udoskonalenia	IBM2A_U03	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie
U2	Potrafi opracować prosty program lub wykorzystać dostępny program symulacji komputerowej zagadnień z zakresu inżynierii biomedycznej. Potrafi zinterpretować dane uzyskane na drodze symulacji komputerowej	IBM2A_U03	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Potrafi pozyskiwać informacje z przedmiotowej literatury służące do rozwiązywania złożonych problemów inżynierskich z zakresu inżynierii biomedycznej oraz nauk powiązanych, zarówno w języku polskim jak i obcym. Potrafi wyciągać wnioski z zasobów informacji zgromadzonych z różnych źródeł, konfrontować i porównywać je, wyciągać wnioski oraz formułować krytyczne i uzasadnione opinie	IBM2A_K01, IBM2A_K02, IBM2A_K03, IBM2A_K04	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Sprawozdanie

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Celem modułu jest zapoznanie studentów z wiedzą na temat identyfikacji i modelowania struktur i procesów biologicznych

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
------------------------	--

Wykład	14
Ćwiczenia laboratoryjne	14
Przygotowanie do zajęć	15
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	5
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 60
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 28

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
-----	-------------------	-----------------------------------	-------------------------

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Rola modeli w fizjologii i medycynie. Etapy procesu modelowania. Klasyfikacja modeli. Przykłady modeli układów biologicznych. Ograniczenia modeli. Analiza szeregów czasowych. 2. Opis dynamiki systemów z wykorzystaniem równań różniczkowych zwyczajnych (ODE). Modele liniowe i nieliniowe. Modele pierwszego i drugiego rzędu. Odpowiedzi czasowe i stabilność systemu. Podstawowe metody numerycznego rozwiązywania ODE. 3. Modelowanie stochastyczne. Postawy teorii Prawdopodobieństwa. Algorytmy Markov Chain Monte Carlo (MCMC). 4. Modele oparte na równaniach różniczkowych cząstkowych (PDE). Metody numeryczne rozwiązywania PDE. Interpretacja i analiza wyników symulacji w kontekście fizjologicznym. 5. Reprezentacja systemów w dziedzinie operatorowej. Transmitancja operatorowa i schematy blokowe. Podstawowe pojęcia teorii sterowania. Przykłady mechanizmów regulacji w układach fizjologicznych. 6. Problem odwrotny w analizie systemów biologicznych. Modele parametryczne i nieparametryczne. Podstawy identyfikacji systemów. Wpływ szumu i niepewności danych na proces identyfikacji. Walidacja modelu. 7. Podstawowe metody estymacji parametrów modelu. Metoda najmniejszych kwadratów. Estymacja bayesowska.	W1, W2, W3, U1, U2, K1	Wykład
2.	1. Modelowanie danych – ilościowa charakterystyka szeregów czasowych 2. Modelowanie systemów – równania różniczkowe zwyczajne 3. Modelowanie systemów – modele stochastyczne 4. Modelowanie systemów – równania różniczkowe cząstkowe 5. Modelowanie systemów – transmitancja operatorowa 6. Estymacja parametrów modelu danych metodą najmniejszych kwadratów 7. Bayesowska estymacja parametrów modelu danych metodą MCMC	W1, W2, W3, U1, U2, K1	Ćwiczenia laboratoryjne

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Praca grupowa, Praca z materiałem źródłowym, Wykład, Dyskusja, Elementy myślenia wizualnego np. mapa myśli (mind mapping), mapa koncepcyjna (concept mapping), postery i plakaty, notatki graficzne (sketchnoting), Nauczanie rówieśnicze (ang. peer learning), Metoda zespołowa (ang. Team Based Learning)

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Kolokwium, Egzamin	
Ćwiczenia laboratoryjne	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie	

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Uczestnictwo w wykładach jest zalecane, ale nieobowiązkowe.

Zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych wymaga uzyskania oceny wyższej niż niedostateczna ze wszystkich przewidzianych ćwiczeń oraz nieprzekroczenia dopuszczalnej liczby nieobecności (jedna nieobecność). Ćwiczenia realizowane są w zespołach, z możliwością konsultacji z prowadzącym, a każde kończy się przesłaniem sprawozdania na platformę UPEL w ciągu dwóch tygodni od daty zajęć. Ocena uwzględnia wszystkie sprawozdania, z równym udziałem. Zaliczenie w pierwszym terminie wymaga pozytywnego zaliczenia wszystkich sprawozdań, a w przypadku oceny negatywnej student może skorzystać z terminów poprawkowych. Niedopuszczalne jest kopiowanie rozwiązań lub korzystanie z materiałów innych zespołów; wykrycie takiego zachowania skutkuje automatyczną oceną 2,0 z przedmiotu. Obowiązuje skala ocen AGH. Egzamin sprawdza stopień opanowania wiedzy teoretycznej i praktycznej przedstawionej podczas wykładów i ćwiczeń. Obowiązują trzy terminy egzaminu: pierwszy termin pisemny, terminy poprawkowe w formie pisemnej lub ustnej. Do egzaminu mogą przystąpić wyłącznie studenci, którzy zaliczyli ćwiczenia laboratoryjne. Obowiązuje skala ocen AGH.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa studenta obliczana jest jako średnia arytmetyczna ocen z ćwiczeń laboratoryjnych i egzaminu, zgodnie z wzorem:

$$\text{Ocena końcowa} = 0,5 \times \text{ocena z ćwiczeń laboratoryjnych} + 0,5 \times \text{ocena z egzaminu}$$

Student uzyskuje pozytywną ocenę końcową wyłącznie po zaliczeniu zarówno ćwiczeń laboratoryjnych, jak i egzaminu, przy czym w średniej uwzględnia się wszystkie oceny ze wszystkich terminów, w tym ewentualne oceny niedostateczne z wcześniejszych podejść.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Student jest zobowiązany do uczestnictwa we wszystkich zajęciach laboratoryjnych. W wyjątkowych sytuacjach usprawiedliwionej nieobecności ćwiczenie należy odrobić w formie i terminie wyznaczonym przez prowadzącego, nie później niż w ciągu dwóch tygodni, np. w innej grupie.

Student, który bez usprawiedliwienia opuścił więcej niż jedno zajęcie i uzyskał negatywne wyniki cząstkowe, może nie zaliczyć ćwiczeń. Terminy i formę odrobienia zaległości ustala się indywidualnie z prowadzącym na podstawie dostarczonej dokumentacji usprawiedliwiającej.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Podstawowa znajomość literatury technicznej i medycznej oraz umiejętność samodzielnego pozyskiwania informacji naukowej, sporządzania raportów i prezentacji wyników, obsługa komputera i środowisk obliczeniowych (MATLAB, Python lub R), elementarna znajomość programowania, znajomość analizy matematycznej, algebry liniowej, statystyki i rachunku prawdopodobieństwa oraz podstawy automatyki.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład: Studenci uczestniczą w zajęciach, poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Mają

możliwość zadawania pytań i wyjaśniania wątpliwości na bieżąco. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego. Obecność nie jest obowiązkowa.

Ćwiczenia laboratoryjne: Studenci wykonują ćwiczenia zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Zaliczenie zajęć następuje po przygotowaniu sprawozdania i przesłaniu go na platformie UPEL. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych. Obecność jest obowiązkowa.

Literatura

Obowiązkowa

1. Cobelli, C. & Carson, E. R. Introduction to Modeling in Physiology and Medicine, 2nd ed., Academic Press (Elsevier), 2019. ISBN 978-0128157565.
2. Carson, E. R. & Cobelli, C. Modelling Methodology for Physiology and Medicine, 2nd ed., Elsevier Science, 2014. ISBN 978-0124115576.
3. Tadeusiewicz, R., Jaworek, J., Kańtoch, E. Wprowadzenie do modelowania systemów biologicznych oraz ich symulacji w środowisku MATLAB. Lublin: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Instytut Informatyki, 2012. ISBN 978-83-62773-31-2.

Dodatkowa

1. Keesman, K. J. System Identification: An Introduction, Springer Science & Business Media, 2011. ISBN 978-0857295224.
2. Spong, M. W. Introduction to Modeling and Simulation: A Systems Approach, Wiley, 2023, ISBN 978-1119982883.
3. Dudek-Dyduch, E., Wąs, J., Dutkiewicz, L., Grobler-Dębska, K., & Gudowski, B. Metody numeryczne – wybrane zagadnienia. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2011. ISBN 978-83-7464-452-5
4. Marcinkowski, L. Numeryczne rozwiązanie równań różniczkowych (skrypt/wykład, Uniwersytet Warszawski, 2011) – skrypt wykładowy z Uniwersytetu Warszawskiego.

Badania i publikacje

Publikacje

1. Molina, L., & Iwaniec, M. (2022). Lower limb models used for biomechanical analysis of human walking. MATEC Web of Conferences, 357, 03006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202235703006>
2. Wawryka, P. S., Molina Arias, L., Frankowski, G., Ciężarek, P., Zyznawska, J., & Duda, J. T. (2026). Intra- and Inter-Individual Spectral Pattern Variability of sEMG in Elbow Flexor Motor Tasks. Sensors, 26(3), 878. <https://doi.org/10.3390/s26030878>
3. Mochon, S., & McMahon, T. A. (1980). Ballistic walking. Journal of Biomechanics, 13(1), 49-57. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(80\)90007-X](https://doi.org/10.1016/0021-9290(80)90007-X)
4. Iwaniec, M., Molina Arias, L., & Iwaniec, J. (2025). Characterization of Human Gait by Means of the Trajectory of the Instantaneous Centers of Rotation of Lower Limb Segments in the Sagittal Plane. IEEE Access, 13, 27438-27448. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3539452>
5. Molina Arias, L., Iwaniec, J., & Iwaniec, M. (2021). Modeling and Analysis of the Power Conditioning Circuit for an Electromagnetic Human Walking-Induced Energy Harvester. Energies, 14(12), 3367. <https://doi.org/10.3390/en14123367>
6. George, K., Kubota, K., & Twizell, E. (2004). A two-dimensional mathematical model of percutaneous drug absorption. BioMedical Engineering OnLine, 3(1), 18. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-3-18>
7. Crecil Dias, C., Kamath, S., & Vidyasagar, S. (2020). Blood glucose regulation and control of insulin and glucagon infusion using single model predictive control for type 1 diabetes mellitus. IET Systems Biology, 14(3), 133-146. <https://doi.org/10.1049/iet-syb.2019.0101>
8. Rahmanian, F., Dehghani, M., Karimaghaee, P., Mohammadi, M., & Abolpour, R. (2021). Hardware-in-the-loop control of glucose in diabetic patients based on nonlinear time-varying blood glucose model. Biomedical Signal Processing and Control, 66(April 2020), 102467. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102467>
9. Westerhof, N., Lankhaar, J.-W., & Westerhof, B. E. (2009). The arterial Windkessel. Medical & Biological Engineering & Computing, 47(2), 131-141. <https://doi.org/10.1007/s11517-008-0359-2>
10. Bates, J. H. T., Irvin, C. G., Farré, R., & Hantos, Z. (2011). Oscillation Mechanics of the Respiratory System. In Comprehensive Physiology (Vol. 1, Issue 3, pp. 1233-1272). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100058>
11. Linden, N. J., Kramer, B., & Rangamani, P. (2022). Bayesian parameter estimation for dynamical models in systems biology. In PLoS Computational Biology (Vol. 18, Issue 10). <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010651>
12. Valderrama-Bahamóndez, G. I., & Fröhlich, H. (2019). MCMC Techniques for Parameter Estimation of ODE Based

Models in Systems Biology. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fams.2019.00055>

13. Green, P. L., & Worden, K. (2015). Bayesian and Markov chain Monte Carlo methods for identifying nonlinear systems in the presence of uncertainty. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2051). <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0405>
14. Tabor, Z. (2003). Simulated aging - A novel method for estimating the risk of fracture of trabecular bone. *Bone*, 33(2), 229–236. [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(03\)00224-2](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(03)00224-2)
15. Van de Vosse, F. N., & Stergiopulos, N. (2011). Pulse Wave Propagation in the Arterial Tree. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 43(1), 467–499. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-122109-160730>
16. Russo, F. di, Teder-Sälejärvi, W. A., & Hillyard, S. A. (2003). Steady-State VEP and Attentional Visual Processing. In *The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain* (Issue February, pp. 259–274). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-012775421-5/50013-3>

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IBM2A_K01	potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
IBM2A_K02	rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu — m.in. poprzez środki masowego przekazu — informacji i opinii dotyczących osiągnięć informatyki i innych aspektów działalności inżyniera biomedycznego; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, przedstawiając różne punkty widzenia
IBM2A_K03	potrafi pracować w grupie interdyscyplinarnej (interdyscyplinarnym zespole)
IBM2A_K04	ma świadomość odpowiedzialności związanej z działalnością inżynierską, wpływu podejmowanych czynności na życie i zdrowie pacjentów i personelu medycznego oraz konieczności przestrzegania zasad etyki zawodowej
IBM2A_U03	potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników eksperymentu, zadania projektowego lub badawczego; potrafi przygotować opracowanie zawierające omówienie tych wyników a także potrafi przygotować i przedstawić prezentację na temat realizacji zadania projektowego lub badawczego oraz poprowadzić dyskusję dotyczącą przedstawionej prezentacji
IBM2A_W01	ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z zakresu matematyki, fizyki, chemii i biologii przydatną do formalnego opisu, modelowania i weryfikacji zjawisk, sygnałów i systemów biologicznych i technicznych