

**SYLABUS PRZEDMIOTU – SZKOŁA DOKTORSKA
CYKL KSZTAŁCENIA OD 2024/2025 DO 2027/2028**

OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE				
Tytuł przedmiotu		PRACOWNIA DOKTORSKA		
Nazwa jednostki realizującej przedmiot		Szkoła Doktorska w Uniwersytecie Rzeszowskim		
Typ przedmiotu (<i>obowiązkowy, fakultatywny</i>)		<i>przedmiot obowiązkowy</i>		
Rok/semestr		rok I – IV, semestr: I - VIII		
Dyscyplina		Nauki Fizyczne		
Język wykładowy		język angielski		
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu		Dr hab. Andrzej Wał, prof. UR Dr hab. Levan Chotorlishvili, prof. PRz		
Imię i nazwisko osoby prowadzącej/osób prowadzących przedmiot		Dr hab. Andrzej Wał, prof. UR Dr hab. Levan Chotorlishvili, prof. PRz		
Wymagania wstępne		Pogłębiona znajomość analizy matematycznej oraz fizyki		
STRESZCZENIE PRZEDMIOTU				
<i>(syntetyczny opis treści oraz celów przedmiotu; 100-200 słów)</i>				
<p>Zjawiska nieliniowe oraz chaos są cechą charakterystyczną układów dynamicznych, badanych początkowo przez fizyków teoretyków oraz matematyków. Jednak tworzone dla opisu takich układów modele są na tyle uniwersalne i atrakcyjne, że znalazły one także zastosowanie w modelach biologicznych, w szczególności dla opisu tkanki nerwowej. Modele te są charakteryzowane nieliniowymi równaniami różniczkowymi, które wyznaczają dynamikę układu. Głównym celem realizowanym podczas zajęć będzie analiza tych równań, a w szczególności: wyznaczenie punktów stałych, analiza bifurkacji, wyznaczenie współczynników Lapunowa, analiza nakładania się nieliniowych rezonansów. Przeprowadzenie takiej analizy pozwoli na określenie parametrów równań, które mogą prowadzić do niestabilności modelu, co w układach biologicznych objawia się w postaci tzw. chorób dynamicznych – zaburzeń w układzie opisywanych poprzez bifurkacje, „eksplozję” nieliniowych rezonansów czy niekontrolowane oscylacje.</p>				
EFEKTY UCZENIA SIĘ DLA PRZEDMIOTU I METODY WERYFIKACJI				
Symbol efektu uczenia się	Zakładane efekty uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomie 8 PRK (symbol)	Forma zajęć dydaktycznych (w., ćw., itp.)	Metody weryfikacji (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt itp.)
Wiedza:	<i>zna i rozumie, posiada wiedzę</i>			
Lp.				
P8S_WG1	posiada szeroką wiedzę teoretyczną z zakresu modelu sieci rekurencyjnych, ich zastosowania w opisie nieliniowych układów dynamicznych oraz metod opisu z wykorzystaniem nieliniowych równań różniczkowych;	P8S_WG	konwersatorium	raport
P8S_WG2	posiada aktualną wiedzę o kierunkach badań prowadzonych w tematyce układów dynamicznych opisywanych nieliniowymi równaniami różniczkowymi;	P8S_WG	konwersatorium	raport

P8S_WG3	zna specjalistyczną terminologię używaną w modelu rekurencyjnych sieci neuronowych opisujących układy dynamiczne;	P8S_WG	konwersatorium	raport		
P8S_WG4	posiada wiedzę na temat metod rozwiązywania nieliniowych równań różniczkowych zarówno z użyciem metod analitycznych jak i numerycznych;	P8S_WG	konwersatorium	raport		
Umiejętności: Lp.	<i>potrafi</i>					
P8S_UW1	w oparciu o posiadaną wiedzę z fizyki i matematyki potrafi rozwiązywać nieliniowe równania różniczkowe opisujące układy dynamiczne, w tym układy neuronów, a tym samym wyznaczać zakresy parametrów prowadzących do niestabilnego zachowania modelu;	P8S_UW	konwersatorium	raport		
P8S_UW2	umie dobrać i wykorzystać literaturę naukową do właściwego diagnozowania i rozwiązywania problemów związanych z analizą rekurencyjnych sieci neuronowych, a także zastosować takie techniki obliczeniowe, które umożliwią zdiagnozowanie stanów układów prowadzących do zachowań charakterystycznych dla chorób dynamicznych;	P8S_UW	konwersatorium	raport		
P8S_UW3	potrafi samodzielnie zdobyć wiedzę, poszerzać umiejętności analityczne oraz pobudzić krytyczną wrażliwość na rozpoznanie dylematów przy prowadzeniu badań naukowych i pełnieniu roli nauczyciela akademickiego na styku dwóch dyscyplin;	P8S_UW	konwersatorium	raport		
Kompetencje społeczne: Lp.	<i>jest gotów do</i>					
P8S_KK1	krytycznej oceny dorobku związanego z wykorzystaniem rekurencyjnych sieci neuronowych do opisu układów dynamicznych, a także krytycznej oceny własnych osiągnięć w tej dziedzinie;	P8S_KK	konwersatorium	raport		
FORMY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WYMIAR GODZIN I PUNKTÓW						
Semestr (nr)	Wykł.	Ćw./Konw.	Lab.	Prakt.	Inne	Liczba pkt. ECTS
I - VIII	-	8 x 30 godz. – 240 godz.	-	-	-	24

METODY DYDAKTYCZNE

konwersatoria w formie tradycyjnej; dyskusja; prowadzenie badań;

TREŚCI PROGRAMOWE

konwersatorium

semestr I

- 1) Przegląd literatury związanej z tematem pracy.
- 2) Formułowanie układu równań różniczkowych dla modelu sieci rekurencyjnej.
- 3) Zdefiniowanie punktu równowagi (lub trajektorii), wokół którego/której ma być badana stabilność.
- 4) Wyznaczenie współczynników Lapunowa na podstawie rozwiązań układu, analizując zachowanie różnic między trajektoriami w czasie.

semestr II

- 1) Badanie nakładania się rezonansów nieliniowych.
- 2) Analiza długoterminowych niestabilności w sieciach rekurencyjnych.
- 3) Analiza pojawiających się dużych gradientów w sieciach rekurencyjnych.

semestr III

- 1) Matematyczne aspekty równań: punkty stałe i bifurkacje.
- 2) Poszukiwanie wartości parametrów układu, przy których punkt stały traci stabilność i pojawiają się oscylacje.
- 3) Analiza bifurkacji dla nieliniowych funkcji wzmocnienia.

semestr IV

- 1) Linearyzowanie układu wokół punktów stałych przy użyciu rozwinięcia w szereg Taylora (zachowując wyrazy liniowe).
- 2) Uwzględnienie nieliniowych wyrazów drugiego i wyższych rzędów w rozwinięciu Taylora w celu zbadania efektów słabej nieliniowości.

semestr V

- 1) Analiza nakładania się rezonansów wewnętrznych powodujących dyfuzję Arnolda.
- 2) Badanie jak sieć pod wpływem dyfuzji Arnolda "dryfuje" w przestrzeni fazowej.
- 3) Praca nad rozprawą doktorską.

semestr VI

- 1) Rozwiązania numeryczne układów równań nieliniowych modelujących sieci rekurencyjne.
- 2) Analiza rozwiązań układów równań różniczkowych w funkcji parametrów modelu.
- 3) Praca nad rozprawą doktorską.

semestr VII

- 1) Próby znalezienia analitycznych rozwiązań badanych układów równań.
- 2) Analiza stochastyczności dynamicznej powodowanej nieliniową funkcją wzmocnienia.
- 3) Praca nad rozprawą doktorską.

semestr VIII

- 1) Choroby dynamiczne – warunki pojawiania się patologicznych stanów fizjologicznych.
- 2) Analiza różnych przypadków zaburzeń w modelach opisujących układy biologiczne, w szczególności aktywność neuronów.
- 3) Zbadanie czy dynamiczna stochastyczność występująca w takich układach nieliniowych może prowadzić do chorób dynamicznych.
- 4) Praca nad rozprawą doktorską.

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU (KRYTERIA OCENIANIA)

Ocenię podlega ciągła praca doktoranta w każdym semestrze i roku akademickim w zakresie: realizacji badań, poszerzania wiedzy, studiowania literatury, zaangażowania oraz postępów w przygotowaniu pracy doktorskiej. Możliwe oceny semestralne to: 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0.

Aby uzyskać ocenę pozytywną stosuje się przelicznik za odpowiedni procent uzyskanych punktów:

- do 50% - niedostateczny, (doktorant nie robi postępów w badaniach naukowych, nie poszerza wiedzy, nie studiuje literatury, nie uczestniczy w merytorycznej dyskusji, nie wywiązuje się z obowiązków naukowych);
- 51% - 60% - dostateczny, (doktorant robi znikome postępy w badaniach naukowych, poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową, prowadzona dyskusja ogranicza się do wąskiego zakresu wiedzy merytorycznej, wywiązuje się z podstawowych obowiązków naukowych);

- 61% - 70% - dostateczny plus, (doktorant robi postępy w badaniach naukowych, poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową, merytorycznie uczestniczy w dyskusji, wywiązuje się z obowiązków naukowych);
- 71% - 80% - dobry, (doktorant robi znaczące postępy w badaniach naukowych, poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową i uzupełniającą, merytorycznie uczestniczy w dyskusji, wywiązuje się z wszystkich obowiązków naukowych);
- 81% - 90% - dobry plus, (doktorant robi znaczące postępy w badaniach naukowych, systematycznie poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową i uzupełniającą, merytorycznie uczestniczy w dyskusji, wywiązuje się z wszystkich obowiązków naukowych);
- 91% - 100% - bardzo dobry (doktorant robi znaczące postępy w badaniach naukowych, systematycznie poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową, uzupełniającą i wykraczającą poza obowiązującą, merytorycznie uczestniczy w dyskusji, wywiązuje się z wszystkich obowiązków naukowych);

CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY DOKTORANTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny realizowane w kontakcie bezpośrednim wynikające z programu studiów	8 x 30 godz. – 240 godz.
Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	10
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	470
SUMA GODZIN	720
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS*	24

LITERATURA

Literatura podstawowa:	<p>[1] P. Dayan and L. F. Abbott, Theoretical neuroscience: computational and mathematical modelling of neural systems. in Computational neuroscience. Cambridge, Mass: Massachusetts Institute of Technology Press, 2001.</p> <p>[2] W. Gerstner, W. M. Kistler, R. Naud, and L. Paninski, Neuronal dynamics: from single neurons to networks and models of cognition. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2014.</p> <p>[3] J. Bélair, L. Glass, U. An Der Heiden, and J. Milton, 'Dynamical disease: Identification, temporal aspects and treatment strategies of human illness', Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Mar. 1995, doi: 10.1063/1.166069.</p> <p>[4] S. Strogatz, Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering, Repr. in Studies in nonlinearity. Cambridge, Mass: Westview Press, 2007.</p>
Literatura uzupełniająca:	<p>[1] H. Zabel, Physical Aspects of the Human Body, 2nd ed. in De Gruyter STEM Series. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH, 2023.</p> <p>[2] A. N. Pisarchik and A. E. Hramov, 'Coherence resonance in neural networks: Theory and experiments', Physics Reports, vol. 1000, pp. 1–57, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.physrep.2022.11.004.</p> <p>[3] A. L. Hodgkin and A. F. Huxley, 'A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve', The Journal of Physiology, vol. 117, no. 4, pp. 500–544, Aug. 1952, doi: 10.1113/jphysiol.1952.sp004764.</p>

**(1 PUNKT ECTS ODPOWIADA OD 25 – 30 GODZIN CAŁKOWITEGO NAKŁADU PRACY DOKTORANTA, POTRZEBNEGO DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW)*

.....
Data i podpis prowadzącego przedmiotu

.....
Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej