



Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

Matematyka temat nr 1	Mathematics topic No. 1
<b>Asymptotyczne własności modeli immuno-epidemiologicznych</b>	<b>Asymptotic properties of immuno-epidemiological models</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Katarzyna Pichór, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Matematyczne modele epidemiologiczne opisują relacje między różnymi grupami osób, w tym osobnikami podatnymi S, zakażonymi I, odpornymi R, narażonymi E, zaszczepionymi V itp. Jednak przebieg epidemii zależy również od rozkładu odporności w populacji, dlatego w modelach epidemiologicznych należy uwzględnić dynamikę układu odpornościowego. Celem tego projektu będzie tworzenie i badanie modeli, w których uwzględnia się status immunologiczny osobników. Status immunologiczny to stężenie określonych przeciwciał, które pojawiają się po zakażeniu patogenem i pozostają w surowicy, zapewniając ochronę przed przyszłymi atakami tego samego patogenu. Z czasem liczba przeciwciał spada do poziomu niewystarczającego do zahamowania kolejnej infekcji. Podczas infekcji odporność zostaje wzmocniona, a następnie stopniowo słabnie. Badanie takich procesów będących połączeniem dynamiki stanu ciągłego i dynamiki stanu dyskretnego wraz z efektami stochastycznymi prowadzi do procesów stochastycznych, w tym kawałkami deterministycznych procesów Markowa i bardziej zaawansowanych procesów semimarkowskich oraz równań różniczkowych cząstkowych z nielokalnymi perturbacjami. Nasze cele badawcze to:	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> Mathematical epidemiological models describe the relationships between different groups of people, including susceptible individuals S, infected individuals I, recovered individuals R, exposed individuals E, vaccinated individuals V, etc. However, the course of an epidemic also depends on the distribution of immunity in the population, which is why epidemiological models must take into account the dynamics of the immune system. The aim of this project will be to create and study models in which the immune status of individuals is taken into account. The immune status is the concentration of specific antibodies, which appear after infection with a pathogen and remain in serum, providing protection against future attacks of the same pathogen. Over time, the number of antibodies decreases to a level insufficient to inhibit another infection. During the infection, the immunity is boosted and then the immunity gradually wanes. The study of such processes, which are a combination of continuous-state dynamics and discrete -state dynamics with stochastic effects, leads to stochastic processes such as piecewise deterministic Markov processes and more advanced semi-Markov processes and partial differential equations with nonlocal perturbations.





<p>1) konstruowanie i badanie modeli epidemiologicznych, w których bierze się pod uwagę status immunologiczny populacji, 2) zastosowanie kawałkami deterministycznych procesów Markowa lub procesów semimarkowskich w modelowaniu procesów immunologicznych, 3) analiza asymptotycznych własności takich modeli w tym kwestia istnienia stanów endemicznych.</p> <p>Celem projektu jest tworzenie nowych modeli zjawisk biologicznych, które pojawiają się w immunologii i epidemiologii, oraz dostarczanie nowych narzędzi matematycznych do badania istniejących modeli biologicznych.</p> <p>W pewnych modelach immuno-epidemiologicznych rozkłady osób podatnych i zakażonych względem statusu odpornościowego i wieku są opisane za pomocą układu równań różniczkowych cząstkowych.</p> <p>Naszym celem będzie udowodnienie istnienia rozwiązań stacjonarnych dla tego układu równań. Będziemy badać przebieg epidemii. Analiza asymptotycznych własności takich modeli często sprowadza się do badania związanych z nimi półgrup operatorów dodatnich.</p>	<p>Description of the topic and scientific goal of the project</p> <p>Our research objectives are:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) constructing and studying epidemiological models that take into account the immune status of the population,</li><li>2) the application of piecewise deterministic Markov processes or semi-Markov processes in modeling immunological processes</li><li>3) analysis of the asymptotic properties of such models, including the question of the existence of endemic states.</li></ol> <p>Our aim is to construct new models of biological phenomena which appear in immunology, and epidemiology and to provide new mathematical tools to study existing biological models. In certain immuno-epidemiological models, the distributions of susceptible and infected individuals with respect to immunological status and age are described using a system of partial differential equations.</p> <p>Our goal will be to prove the existence of stationary solutions for this system of equations.</p> <p>We will study the course of the epidemic. The analysis of the asymptotic properties of such models often leads to the study of the associated semigroups of positive operators .</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Znaczenie problemów naukowych poruszanych w naszym projekcie wynika z jego interdyscyplinarnego charakteru. Musimy opracować narzędzia matematyczne do opisywania i rozwiązywania konkretnych problemów biologicznych. Najważniejszym zagadnieniem naszych badań jest znalezienie wyników matematycznych, które można zinterpretować biologicznie i które mogą dostarczyć cennych informacji biologicznych.</p> <p>Zbadanie rozkładu statusu immunologicznego w modelu epidemiologicznym będzie miało istotne znaczenie dla zapobiegania rozprzestrzenianiu się choroby. Znajomość rozkładu statusu immunologicznego może być dobrym wskazaniem do określenia czasu, po upływie którego należy przeprowadzić ponowne szczepienie</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>The significance of scientific problems proposed by our project is related to its interdisciplinary character. We need to develop mathematical tools to describe and solve specific biological problems. The most important issue of our research is to find mathematical results which can be biologically interpreted and can provide valuable biological information.</p> <p>Investigating the distribution of immune status in an epidemiological model will be important to prevent the spread of the disease. Knowing the distribution of immune status can be a good guide to determine the time after which revaccination should be applied to maintain population immunity.</p>





<p>w celu utrzymania odporności populacji.</p>	
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Podstawowym wymaganiem, które musi spełnić kandydat/kandydatka, to ukończenie studiów matematycznych. Temat pracy doktorskiej jest na pograniczu analizy funkcjonalnej, równań różniczkowych i rachunku prawdopodobieństwa, zatem wymagane jest ukończenie tych kursów w ramach studiów matematycznych i zainteresowanie tymi zagadnieniami.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> The basic requirement that candidates must meet is a degree in mathematics. The topic of the doctoral thesis is at the intersection of functional analysis, differential equations and probability theory, so completion of these courses as part of a mathematics degree and an interest in these topics are required.</p>

