

[PHAICELL] Koherentna mikroskopia z ilościowym kontrastem fazowym: powrót do podstaw i zaproponowanie nowej techniki numerycznej rekonstrukcji z zastosowaniem do zaawansowanego obrazowania biomedycznego bez znaczników

Kierownik projektu: dr inż. Maciej Trusiak, Politechnika Warszawska (Wydział Mechatroniki PW)

Koherentna mikroskopia z ilościowym kontrastem fazowym (ang. Quantitative Phase Microscopy, QPM) wyróżnia się wśród nowoczesnych technik obrazowania bez znaczników jako niezwykle wydajna metoda o wysokim kontraście. "Bez znaczników" oznacza, że próbka nie jest poddawana barwieniu ani znakowaniu fluorescencyjnemu i może być obrazowana w oparciu o endogenne środki kontrastowe, tj. współczynnik załamania światła (wprowadzający mierzalne zróżnicowane opóźnienie fazy optycznej). Ta nie-fototoksyczna, nieinwazyjna technika obrazowania zbliża do siebie biologię oraz metrologię, ponieważ generuje ilościową mapę żywej próbki biologicznej (masy komórkowej, objętości, powierzchni i ich ewolucji w czasie), ulepszając wizualizację próbki do jej bez-znacznikowego pomiaru optycznego umożliwiającego precyzyjną diagnostykę. Problem, który chcemy zbadać w ramach projektu PHAICELL związany jest z faktem, że QPM bardzo szybko przeszła do fazy rozwoju zorientowanego na zastosowania, podczas gdy nadal istnieją fundamentalne ograniczenia ilościowego obrazowania fazowego, które należy zbadać. Ponadto, w oparciu o badanie tych ograniczeń, opracowane zostaną nowe techniki numerycznej rekonstrukcji mapy fazowej, które będą w stanie pokonać wybrane przeszkody w obecnie dostępnych systemach QPM, np. ograniczona zawartość informacyjna wpływająca na obniżoną rozdzielczość. Oprócz tych fundamentalnych i numerycznych badań, w ramach projektu PHAICELL zostaną sprawdzone nowe zastosowania eksperymentalne. Przewiduje się, że badania te pozwolą na opracowanie narzędzi obrazowania umożliwiających ważne postępy w biomedycynie, a w szczególności w neurobiologii i analizie komórek macierzystych, które planujemy badać z naszymi partnerami z Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej (IMDiK); analizie plemników, którą będziemy prowadzić we współpracy z naszymi partnerami z Uniwersytetu w Walencji (UVLC); oraz w badaniach komórek ryb zanieczyszczonych mikroplastikami, prowadzonych z naszymi partnerami z Norweskiego Uniwersytetu Arktycznego w Tromsø (UiT). Należy zauważyć, że wspólne prace z IMDiK będą prowadzone z wykorzystaniem zmodyfikowanego siatkowego mikroskopu fazowego wspólnej drogi – tzw. PWskop 2.0. Oryginalna wersja tego nowatorskiego mikroskopu została zbudowana w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki PW podczas bardzo udanego projektu OPUS 13 (PI: Maciej Trusiak) i stanowi unikalny na skalę światową mikroskop fazowy o niespotykanej kompaktowości. W ramach projektu PHAICELL planujemy zmodernizować PWskop pod względem numerycznym i doświadczalnym oraz wykonać jego prototyp z wykorzystaniem technologii druku 3D i przeprowadzić instalacje w UiT i UVLC, aby ułatwić lokalne badania interesujących próbek biologicznych. W projekcie PHAICELL dążymy do zbadania, zdefiniowania i pokonania granic QPM w zakresie szybkiego obrazowania w reżimie ograniczonego budżetu fotonów, dużego zaszumienia rejestrowanych interferogramów i silnej absorpcji obiektów biologicznych. Na całym świecie zauważalna jest silna potrzeba wypełnienia wskazanych luk w technologii QPM. Podkreśla to rosnąca liczba publikacji naukowych w prestiżowych czasopiśmie o dużym zasięgu i popularność produktów komercyjnych (np. Nanolive). PHAICELL będzie wykorzystywał zaawansowane techniki zarówno w pracach eksperymentalnych, tj. zastosowanie pseudotermicznych źródeł światła, specjalnie skonstruowanych falowodów i unikalnego mikroskopu fazowego PWskop 2.0, jak i w działaniach numerycznych, tj. zastosowanie m.in. nowej adaptacyjnej lokalnej filtracji iteracyjnej i dekompozycji wariacyjnej. Dzięki nowatorskiej metodyce PHAICELL będzie starał się istotnie zaawansować obecny stan wiedzy w zakresie QPM i umożliwić szybkie, nieinwazyjne obrazowanie biologiczne przy niskiej intensywności światła z ograniczonym sygnałem i zwiększoną dokładnością kontrastu fazowego. Współpracownicy w dziedzinie biomedycyny zapewnią aktualność ambitnych zastosowań.

