

Projekt kierunków działalności naukowej
oraz rozwoju Instytutu Informatyki
i
roczny plan badań naukowych
na rok 2025

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy. Szkoła Nauk Ścisłych
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie

kwiecień 2025

Spis treści

1. Dyscyplina naukowa i stan osobowy	3
2. Projekt kierunków działalności naukowej oraz rozwoju Instytutu	3
2.1. Rozwój Instytutu	4
3. Roczny plan badań naukowych na rok 2025	4

1. Dyscyplina naukowa i stan osobowy

Zgodnie z §12 Statutu Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie Instytut Informatyki w 2025 r. będzie prowadził badania naukowe w jednej dyscyplinie naukowej, którą jest „informatyka techniczna i telekomunikacja” w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Skład osobowy Instytutu przedstawia się następująco:

— Profesorowie nadzwyczajni

1. dr hab. Jerzy Cytowski, prof. uczelni
2. dr hab. Andrzej Duda, prof. uczelni
3. dr hab. inż. Wojciech Stecz, prof. uczelni
4. dr hab. Krzysztof Trojanowski, prof. uczelni
5. dr hab. Rafał Zapłata, prof. uczelni

— Profesorowie wizytujący

1. prof. wiz. dr hab. Frédéric Guinand (Université du Havre Normandie, Francja)

— Adiunkci

1. dr Jakub Gąsior
2. dr Robert Kłopotek
3. dr Katsiaryna Kosarava
4. doc. dr William Steingartner
5. dr Piotr Śliwka

— Asystenci

1. mgr inż. Bogusław Gozdecki
2. mgr Jakub Grzeszczak
3. mgr Anna Kelm
4. dr Tomasz Kulpa
5. dr Artur Mikitiuk
6. mgr Piotr Plebański

Przy czym dr hab. Rafał Zapłata, prof. uczelni nie zadeklarował *informatyki technicznej i telekomunikacji* jako dyscypliny podstawowej, natomiast dr Piotr Śliwka zadeklarował tę dyscyplinę w zakresie $\frac{3}{4}$ udziału czasu pracy.

2. Projekt kierunków działalności naukowej oraz rozwoju Instytutu

Kierunki działalności naukowej Instytutu tak jak w poprzednich latach skupiają się wokół dwóch głównych nurtów badawczych. Pierwszym jest analiza teoretyczna i zastosowania szeroko rozumianych metod sztucznej inteligencji oraz inteligencji obliczeniowej. Drugim są matematyczne metody modelowania i weryfikacji wrażliwych własności różnego rodzaju systemów komputerowych.

2.1. Rozwój Instytutu

Rozwój Instytutu w zakresie badań naukowych realizowany jest poprzez dążenie do osiągnięcia celów strategicznych określonych w dokumencie „Misja i Strategia Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego. Szkoła Nauk Ścisłych na lata 2022-2025”. Należą do nich:

1. pozyskiwanie nowych pracowników zarówno młodych, dążących do doktoratu jak i tych o znaczącym dorobku naukowym i uznanym autorytecie środowiskowym,
2. intensyfikacja działalności naukowej przekładającej się na efekty mające wpływ na ocenę parametryczną jednostki, w szczególności zmierzającą do utrzymania lub podniesienia kategorii przy ewaluacji jakości działalności naukowej,
3. aktywizacja pracowników do osiągania kolejnych stopni i tytułów naukowych,
4. rozwój współpracy naukowej poprzez kontakty z ośrodkami badawczymi innych uczelni a szczególnie obecność w Instytucie profesorów wizytujących, w tym: tworzenie międzynarodowych zespołów badawczych oraz prowadzenie międzynarodowych projektów badawczych,
5. rozwój współpracy z interesariuszami zewnętrznymi.

3. Roczny plan badań naukowych na rok 2025

W roku 2025 badania naukowe prowadzone w Instytucie można podzielić na dwie grupy. W pierwszej, dotyczącej analizy teoretycznej i zastosowań szeroko rozumianych metod sztucznej inteligencji oraz inteligencji obliczeniowej, badania będą dotyczyły następujących zakresów:

- Kontynuacja badań w zakresie optymalizacji w zadaniach planowania położenia i ruchu mobilnych stacji bazowych (MBS) przenoszonych przez bezzałogowe statki powietrzne (UAV, Unmanned Aerial Vehicle). Kontynuowane badania będą dotyczyły zagadnienia ruchu UAV stacji mobilnych i jego optymalizacji dla różnych kryteriów oceny jakości dostarczanej usługi łączności (maksymalizację liczby znalezionych ofiar katastrofy w pierwszych minutach od podjęcia akcji, minimalizację łącznego czasu pracy zespołu UAV). Rozpatrywane są zadania, gdzie zarówno liczba jak i położenie użytkowników są nieznane. W tych zadaniach liczba MBS nie gwarantuje pokrycia całego terenu stałą usługą łączności, dlatego możliwe i konieczne jest przemieszczanie MBS, aby przynajmniej okresowo łączność mogła być dostarczana. Optymalizacji podlegać będą ścieżki ruchu poszczególnych dronów podczas realizacji zadania jak najszybszego odwiedzenia całości monitorowanego obszaru i minimalizacji łącznego czasu pracy zespołu. Do tak postawionego zadania stosowane są heurystyczne metody optymalizacji wielokryterialnej, znajdujące fronty Pareto zbioru rozwiązań optymalizujących obydwa kryteria. Przyjęty model terenu dyskretyzuje mapę dzieląc na wypukłe regiony przez co zadanie ma charakter kombinatoryczny. Dla każdego terenu istnieje wiele możliwości podziału, przez co zadanie ma charakter niedeterministyczny. W badaniach poszukiwane będą nowe metody dyskretyzacji obszaru katastrofy, wspierające efektywność heurystycznych metod optymalizacji. (Mikitiuk, Grzeszczak, Trojanowski)

- Konstrukcja symulatora bezprzewodowej sieci sensorowej oraz badania z wykorzystaniem tego symulatora mające na celu maksymalizację czasu życia sieci, zapobieganie degradacji jakości łącz bezprzewodowych (moc nadajników, trasowanie, itp.) realizowane przez stosowanie agresywnych technik gospodarowania zasobami energetycznymi sieci z wykorzystaniem wielokryterialnej optymalizacji heurystycznej oraz automatów komórkowych. (Gąsior)
- Kontynuacja badań dotyczących niedeterministycznych metod optymalizacji z zastosowaniem roju cząsteczek oraz automatów komórkowych. Kontynuacja badań dotyczących zachowań stabilnych w metodzie optymalizacji rojem cząsteczek. Analiza własności zaproponowanych miar czasu zbieżności cząsteczki do stanu równowagi z zadaną dokładnością (pct) w modelu deterministycznym PSO, odpowiedniki tej miary do analizy pierwszego i drugiego rzędu w modelu stochastycznym oraz analiza zachowania pojedynczej cząsteczki. Planowane jest uzyskanie nowych lepszych oszacowań czasu zbieżności cząsteczki oraz odejście od założenia stagnacji roju. (Kulpa)
- Obliczanie poprawki terenowej i architektonicznej - kooperacja z IBS PAN (Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk) i IGIK (Instytut Geodezji i Kartografii) na podstawie trójstronnej umowy porozumienia ze stycznia 2022 dla Konsorcjum IGIK-UKSW-IBS PAN. W projekcie opracowywane są zagadnienia takie jak wczytanie map terenu (punkty 3D), zrównoleglenie obliczeń odległości Wassersteina na CPU i GPU (wykorzystując technologię NVidia CUDA), zrównoleglenie algorytmu systematycznego przeszukiwania przestrzeni 3D z zagęszczaniem poszukiwań w wybranych obszarach zainteresowania, zrównoleglenie zadania programowania liniowego jako alternatywna metoda porównywania powierzchni 3D. (Kłopotek)
- Projekt naukowy "Optymalizacja systemów RAG+LLM w wybranych problemach obliczeniowych" koncentruje się na badaniu i ulepszaniu technik Retrieval-Augmented Generation (RAG) w połączeniu z Dużymi Modelami Językowymi (LLM). Celem jest zwiększenie efektywności i dokładności systemów AI w rozwiązywaniu złożonych problemów obliczeniowych. Badania obejmują analizę najnowszych trendów w dziedzinie RAG, takich jak zaawansowane techniki routingu LLM, które pozwalają na inteligentne kierowanie zapytań do najbardziej odpowiednich modeli językowych, optymalizując równowagę między jakością, szybkością i kosztem. W ramach projektu planowane jest zbadanie różnych metod optymalizacji, m.in. technik repakowania dokumentów, fuzji RAG oraz wielogłowicowego RAG (Multi-Head RAG). Szczególna uwaga zostanie poświęcona problemom wymagającym pobierania wielu dokumentów o znacząco różnej zawartości, co jest kluczowe w zastosowaniach takich jak analiza finansowa czy opieka zdrowotna. Projekt zakłada również eksplorację możliwości łączenia RAG z technikami rozumowania opartego na przypadkach (Case-Based Reasoning), co może prowadzić do bardziej zaawansowanych strategii dopasowywania i wnioskowania. Istotnym aspektem badań będzie ocena wydajności zoptymalizowanych systemów RAG+LLM w kontekście różnorodnych problemów obliczeniowych. Planowane jest wykorzystanie narzędzi takich jak RAGAS do kompleksowej ewaluacji modeli, z uwzględnieniem takich aspektów jak dokładność, spójność i zdolność do rozumowania. Projekt ma na celu nie

tylko poprawę istniejących systemów, ale także opracowanie nowych paradygmatów w dziedzinie sztucznej inteligencji, które mogłyby znaleźć. (Kłopotek)

- projekt NLP we współpracy z Instytutem Ekonomi i Finansów UKSW - przewidywanie NPS (Net Promoter Score) w transkrypcjach rozmów, analiza sentymentu i analiza emocji, przewidywanie oczekiwania na wydarzenie w tekstach. (Kelm)
- Optymalizacja parametrów procesu laserowego topienia w złożu proszku przy wykorzystaniu modeli uczenia maszynowego, w celu przewidywania i poprawy uzyskiwanych właściwości fizycznych oraz mikrostruktury materiału (współpraca z Laboratorium Druku 3D powołanego w ramach Multidyscyplinarnego Centrum Badawczego UKSW). Szkolenie modeli uczenia maszynowego i sieci neuronowych w celu analizy i detekcji anomalii w sygnałach EKG we współpracy z dr. Kłopotkiem. (Kosarava)
- Badania nad nowoczesnymi metodami przetwarzania obrazów. (Cytowski)
- Badania nad rojem autonomicznych maszyn UAV (ang. Swarms of Unmanned Aerial Vehicles) prezentujących zbiorowe zachowanie bez polegania na jakimkolwiek scentralizowanym mechanizmie a także nad dynamiką komunikacji w takim roju. (Guinand)

W drugiej grupie, dotyczącej matematycznych metod modelowania i weryfikacji wrażliwych własności różnego rodzaju systemów komputerowych, badania dotyczyć będą następujących obszarów:

- Budowa modelu wczesnego ostrzegania przed "zapchaniem" sieci, który na podstawie danych gromadzonych w czasie rzeczywistym oraz wykorzystując m.in. metody uczenia maszynowego pozwoli przewidzieć zasoby analizowanej sieci optycznej, w szczególności wielkość zmiany zajętości krawędzi (wzrost lub spadek) wyrażoną jako procent lub liczba zajętych slice-ów DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) w dostępnym paśmie dla danej krawędzi w kolejnych okresach. (Śliwka)
- Badania problemów bezpieczeństwa związanych z DNS, w tym pomiary ruchu sieciowego na potrzeby cyberbezpieczeństwa, analiza i klasyfikacja danych o incydentach, zastosowanie AI do wykrywania incydentów i zapewniania bezpieczeństwa. (Duda)
- Opracowanie algorytmów klasy TWA (Target Weapon Assignment) wyznaczających przydział środków niszczących cele latające zagrażające obiektom chronionym przez systemy obrony przeciwlotniczej. Opracowane zostaną 2-3 wybrane algorytmy w oparciu o modele programowania całkowitoliczbowego. Opracowanie wybranych metod weryfikacji poprawności oprogramowania sterującego lotem obiektów bezzałogowych we współpracy z dr Zdanowskim. (Stecz)
- Prace z dziedziny konstruowania i badania matematycznych modeli dla semantyk wykonań programów. (Steingartner)

Ponadto dr hab. Rafał Zapłata, prof. uczelni prowadzi badania dotyczące opracowania wybranych metod przetwarzania informacji geoprzestrzennej w ramach promotorstwa doktoratu realizowanego

na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym UKSW, w tym we współpracy z Multidyscyplinarnym Centrum Badawczym UKSW w Dziekanowie. W/w badania prof. Zapłaty dotyczą dyscypliny "informatyka techniczna i telekomunikacja" a także "archeologia".