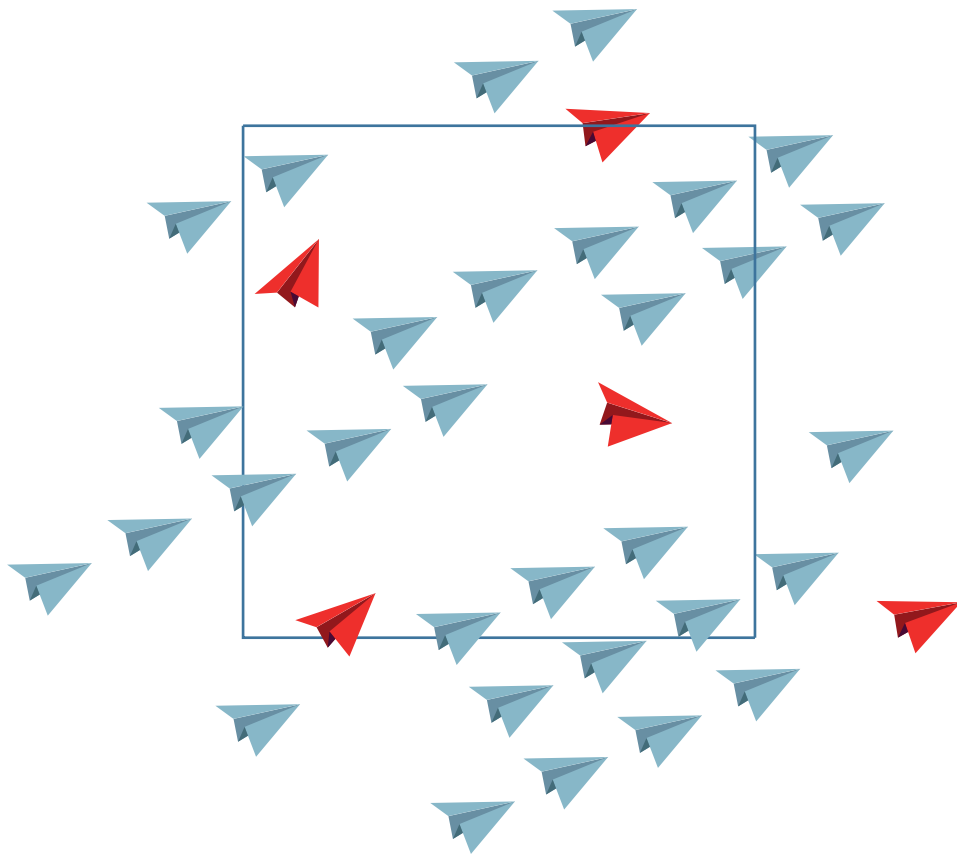


Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych PW



**Warsztaty studiów ID – Indywidualna Droga**

CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

WILGA | 15-17 maja 2026



Warsztaty studiów ID – Indywidualna Droga, to przestrzeń spotkania osób ciekawych świata, otwartych na dialog między dziedzinami oraz gotowych do przekraczania granic klasycznego podziału na kierunki i specjalności. Niniejsze materiały stanowią zbiór abstraktów wystąpień studentów oraz tutorów reprezentujących różne wydziały i obszary nauki – od matematyki, informatyki i inżynierii, przez chemię i nauki o materiałach, aż po architekturę i geodezję.

Ideą warsztatów jest pokazanie, że indywidualna droga rozwoju akademickiego i badawczego może – i powinna – budować się na styku perspektyw, metod i języków różnych dyscyplin. Tematy wystąpień ukazują, w jaki sposób narzędzia matematyczne wspierają analizę zjawisk rynkowych i biologicznych, jak algorytmy sztucznej inteligencji zmieniają sposób monitorowania środowiska i projektowania miast, a nowoczesne technologie materiałowe, chemiczne i inżynierskie odpowiadają na wyzwania medycyny, energetyki czy przemysłu.

Mamy nadzieję, że niniejsze warsztaty będą nie tylko wsparciem, lecz także punktem wyjścia do dalszych poszukiwań, rozmów i eksperymentów. Niech będą inspiracją do budowania własnej, indywidualnej drogi – świadomie, interdyscyplinarnie i z odwagą zadawania pytań wykraczających poza granice jednej dziedziny.

*Centrum Studiów Zaawansowanych  
Politechniki Warszawskiej*

Warsztaty studiów ID – Indywidualna Droga

Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych PW

Ośrodek Wypoczynkowy PW w Wildze  
ul. Wiewiórek 6, 08-470 Wilga

15-17 maja 2026



2



Centrum Studiów  
Zaawansowanych

Politechnika Warszawska



studia id

Politechnika Warszawska

Organizatorzy:

Wanda Borkowska (CSZ), Ilona Sadowska (CSZ)

# Harmonogram

## piątek » 15 maja

14:30 – 15:00	zakwaterowanie
15:00 – 16:30	obiad
17:00 – 17:05	powitanie – prof. dr hab. Stanisław Janeczko, Dyrektor Centrum Studiów Zaawansowanych PW
17:10 – 17:20	<i>ENHANCE i Innovative Learning Campus – zbuduj swoje międzynarodowe doświadczenie w trakcie studiów</i> , dr inż. Daniel Paczesny, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych, Ośrodek Kształcenia na Odległość PW
17:20 – 19:00	Dyskusja „W Centrum Uwagi”
19:00	kolacja/ognisko

3

## sobota » 16 maja

09:00 – 10:00	śniadanie
10:30 – 10:40	<i>Lokalne i globalne w matematyce i nie tylko</i> , prof. dr hab. Stanisław Janeczko, Centrum Studiów Zaawansowanych, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
10:40 – 10:45	dyskusja
10:45 – 10:55	<i>Metoda double oracle, czyli jak grać z niepewnością danych</i> , dr hab. inż. Konstanty Junosza-Szaniawski, prof. uczelni, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
10:55 – 11:00	dyskusja
11:00 – 11:10	<i>Od informacji do formy. Rola architekta w dobie architektury informacyjnej. Jak projektować w oparciu o dane</i> , Jakub Kołomański, Wydział Architektury PW
11:10 – 11:15	dyskusja
11:15 – 11:35	<i>Wykorzystanie inteligentnej infrastruktury oświetleniowej i algorytmów AI w monitorowaniu dynamiki kampusu – projekty iCampus oraz Citcom.ai.</i> , Izabela Bałakier, Wiktor Wiśniewski, Wydział Geodezji i Kartografii PW

- 11:35 – 11:40      dyskusja
- 11:40 – 12:30      przerwa kawowa
- 12:30 – 12:40      *Co to jest gospodarka przestrzenna i dlaczego już niedługo (być może) nie zbudujesz domu na swojej własnej działce?* Przemysław Bielski, Wydział Geodezji i Kartografii PW
- 12:40 – 12:45      dyskusja
- 12:45 – 12:55      *Mikrotomografia komputerowa w wieloskalowym modelowaniu procesów termodynamicznych*, Szymon Zdziarski, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa PW
- 12:55 – 13:00      dyskusja
- 13:00 – 13:10      *Perpetuity o lekkich ogonach*, Julia Le Bihan, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
- 13:10 – 13:15      dyskusja
- 13:15 – 13:25      *Gdy dane mówią więcej niż wykres: analiza sygnałów chemicznych*, Aleksander Piasecki, Wydział Chemiczny PW
- 13:25 – 13:30      dyskusja
- 13:30 – 14:15      przerwa kawowa
- 14:15 – 14:25      *O projektowaniu eksperymentów*, dr hab. inż. Anna Zamojska-Dzienio, prof. uczelni, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
- 14:25 – 14:30      dyskusja
- 14:30 – 14:40      *Wykorzystanie ultradźwięków w procesach technologicznych*, Albert Yedzikhanau, Wydział Chemiczny PW
- 14:40 – 14:45      dyskusja
- 14:45 – 14:55      *Miękkość Miasta*, Martyna Kotulek, Wydział Architektury PW
- 14:55 – 15:00      dyskusja
- 15:00 – 16:30      obiad
- 16:30 – 16:45      Omówienie posteru/dyskusja: *Badania nad formowaniem nośników katalizatorów z  $Nd_2O_3$  o określonej geometrii z układów koloidalnych*, Jakub Borowicz, Wydział Chemiczny PW
- 16:45 – 16:55      *Ptaki i algorytmy – jak nowoczesne technologie rewolucjonizują ornitologię*, Mikołaj Rowicki, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
- 16:55 – 17:00      dyskusja

17:00 – 17:10	<i>Granica między ciałem a biomateriałem: inżynieria powierzchni w projektowaniu nowoczesnych implantów kostnych</i> , Natalia Kolarz, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW
17:10 – 17:15	dyskusja
17:15 – 17:25	<i>Monitoring fauny miejskiej: Wykorzystanie AI i budżetowych fotopułapek</i> , Maciej Niedźwiedź, Wydział Mechatroniki PW
17:25 – 17:30	dyskusja
17:30 – 18:00	przerwa kawowa
18:00 – 18:10	<i>Analiza charakterystyk aerodynamicznych samolotu Messerschmitt Bf 109G-6</i> , Magdalena Puzio, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa PW
18:10 – 18:15	dyskusja
18:15 – 18:25	<i>Zrównoważony internet rzeczy jako fundament inteligentnych miast</i> , Karol Duszczyk, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW
18:25 – 18:30	dyskusja
18:30 – 18:40	<i>Zastosowania metod matematycznych w symulowanym tradingu algorytmicznym</i> , Antoni Kobosz, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
18:40 – 18:45	dyskusja
19:30	uroczysta kolacja

## niedziela » 17 maja

09:00 – 10:00	śniadanie
10:30 – 10:40	<i>Czy rezystancja i pojemność mogą być ujemne – paradoks matematycznego opisu zjawisk elektrochemicznych</i> , dr hab. inż. Maciej Siekierski, Wydział Chemiczny PW
10:40 – 10:45	dyskusja
10:45 – 10:55	<i>Inteligencja Wielomodalna z Perspektywy Problemów Bongarda</i> , Szymon Pawlonka, Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych PW
10:55 – 11:00	dyskusja

11:00 – 11:10	<i>Elektrochemia przyszłości: energia, transport i przemysł w gospodarce opartej na elektronach</i> , Aleksander Pizoń, Wydział Chemiczny PW
11:10 – 11:15	dyskusja
11:15 – 11:25	<i>Hipoteza rekonstrukcji grafów: Czy z części da się odtworzyć całość?</i> Adam Reszka, Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych PW
11:25 – 11:30	dyskusja
11:30 – 11:40	<i>Fuzja informacji w systemach wspomagania decyzji</i> , Mikołaj Roszczyk, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych PW
11:40 – 11:45	dyskusja
11:45 – 12:15	przerwa kawowa
12:15 – 12:25	<i>Równania okiem inżyniera</i> , Kacper Andrzejewski, Wydział Inżynierii Materiałowej PW
12:25 – 12:30	dyskusja
12:30 – 12:40	<i>Symulacja układów kwantowych za pomocą analogowych obwodów elektrycznych – model Krona</i> , Paweł Buczyński, Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych PW
12:40 – 12:45	dyskusja
12:45 – 12:55	<i>Precyzyjne pomiary w niedostępnym terenie za pomocą budżetowego odbiornika GNSS Emlid Reach M2</i> , Krzysztof Szczepański, Wydział Geodezji i Kartografii PW
12:55 – 13:00	dyskusja
13:00 – 13:15	podsumowanie
13:30 – 14:30	obiad
15:00	planowany wyjazd z ośrodka

## Spis abstraktów

Daniel PACZESNY, <i>ENHANCE i Innovative Learning Campus – zbuduj swoje międzynarodowe doświadczenie w trakcie studiów</i> .....	9
Stanisław JANECZKO, <i>Lokalne i globalne w matematyce i nie tylko</i> .....	10
Konstanty JUNOSZA-SZANIAWSKI, <i>Metoda double oracle, czyli jak grać z niepewnością danych</i> .....	11
Jakub KOŁOMAŃSKI, <i>Od informacji do formy. Rola architekta w dobie architektury informacyjnej. Jak projektować w oparciu o dane</i> .....	12
Izabela BAŁAKIER, Wiktor WIŚNIEWSKI, <i>Wykorzystanie inteligentnej infrastruktury oświetleniowej i algorytmów AI w monitorowaniu dynamiki kampusu – projekty iCampus oraz Citcom.ai</i> .....	13
Przemysław BIELSKI, <i>Co to jest gospodarka przestrzenna i dlaczego już niedługo (być może) nie zbudujesz domu na swojej własnej działce?</i> .....	15
Szymon ZDZIARSKI, <i>Mikrotomografia komputerowa w wieloskalowym modelowaniu procesów termodynamicznych</i> .....	16
Julia LE BIHAN, <i>Perpetuity o lekkich ogonach</i> .....	17
Aleksander PIASECKI, <i>Gdy dane mówią więcej niż wykres: analiza sygnałów chemicznych</i> .....	18
Anna ZAMOJSKA-DZIENIO, <i>O projektowaniu eksperymentów</i> .....	19
Albert YEDZIKHANAU, <i>Wykorzystanie ultradźwięków w procesach technologicznych</i> .....	20
Martyna KOTULEK, <i>Miękkość Miasta</i> .....	22
Jakub BOROWICZ, <i>Badania nad formowaniem nośników katalizatorów z <math>Nd_2O_3</math> o określonej geometrii z układów koloidalnych</i> .....	23
Mikołaj ROWICKI, <i>Ptaki i algorytmy – jak nowoczesne technologie rewolucjonizują ornitologię</i> .....	25
Natalia KOLARZ, <i>Granica między ciałem a biomateriałem: inżynieria powierzchni w projektowaniu nowoczesnych implantów kostnych</i> .....	26
Maciej NIEDŹWIEDŹ, <i>Monitoring fauny miejskiej: Wykorzystanie AI i budżetowych fotopułapek</i> .....	27

Magdalena PUZIO, <i>Analiza charakterystyk aerodynamicznych samolotu Messerschmitt Bf 109G-6</i> .....	28
Karol DUSZCZYK, <i>Zrównoważony internet rzeczy jako fundament inteligentnych miast</i> .....	30
Antoni KOBOSZ, <i>Zastosowania metod matematycznych w symulowanym tradingu algorytmicznym</i> .....	31
Maciej SIEKIELSKI, <i>Czy rezystancja i pojemność mogą być ujemne – paradoksy matematycznego opisu zjawisk elektrochemicznych</i> .....	32
Szymon PAWLONKA, <i>Inteligencja Wielomodalna z Perspektywy Problemów Bongarda</i> .....	33
Aleksander PIZOŃ, <i>Elektrochemia przyszłości: energia, transport i przemysł w gospodarce opartej na elektronach</i> .....	34
Adam RESZKA, <i>Hipoteza rekonstrukcji grafów: Czy z części da się odtworzyć całość?</i> .....	35
Mikołaj ROSZCZYK, <i>Fuzja informacji w systemach wspomagania decyzji</i> .....	36
Kacper ANDRZEJEWSKI, <i>Równania okiem inżyniera</i> .....	37
Paweł BUCZYŃSKI, <i>Symulacja układów kwantowych za pomocą analogowych obwodów elektrycznych – model Krona</i> .....	38
Krzysztof SZCZEPAŃSKI, <i>Precyzyjne pomiary w niedostępnym terenie za pomocą budżetowego odbiornika GNSS Emlid Reach M2</i> .....	39

Daniel PACZESNY

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## **ENHANCE i Innovative Learning Campus – zbuduj swoje międzynarodowe doświadczenie w trakcie studiów**

Sojusz ENHANCE, którego członkiem jest Politechnika Warszawska, to sieć dziesięciu czołowych europejskich uczelni technicznych. Jednym z celów sojuszu jest opracowanie wspólnego, europejskiego kampusu. Kluczowym elementem tej inicjatywy jest Innovative Learning Campus (ILC), czyli współdzielona platforma oferująca szeroki katalog krótkoterminowych w tym wirtualnych form kształcenia dla studentów wszystkich kierunków studiów. Wystąpienie ma na celu pokazanie, w jaki sposób studenci mogą umiędzynarodowić swoje studia i wzbogacić nabyte kompetencje bez konieczności długoterminowego wyjazdu. W ramach prezentacji zostaną omówione najważniejsze możliwości, z których mogą skorzystać studenci tj. szkoły letnie i zimowe, które zazwyczaj łączą zajęcia online z krótkim wyjazdem fizycznym do uczelni partnerskiej; kursy online i MOOCs, realizowane we własnym tempie lub prowadzone przez nauczyciela akademickiego; szkolenia, warsztaty i projekty zespołowe, rozwijające kompetencje miękkie oraz komunikację międzykulturową; dodatkowe aktywności, takie jak tandemy językowe, z których korzysta już ponad 2000 użytkowników; międzynarodowe hackathony czy programy certyfikowane w ramach których są można otrzymać pierwsze mikro-poświadczenie.

9

Stanisław JANECZKO

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Lokalne i globalne w matematyce i nie tylko

Pojęcia „lokalne” i „globalne” należą do najbardziej fundamentalnych pojęć w matematyce, ale ich znaczenie wykracza daleko poza tę dziedzinę. W najprostszym ujęciu własności lokalne opisują zachowanie obiektu „w małej skali”, w pobliżu, w otoczeniu punktu, natomiast własności globalne dotyczą struktury całego obiektu. Relacja między nimi bywa subtelna: to, co jest prawdziwe lokalnie, nie zawsze daje się rozszerzyć na poziom globalny – i odwrotnie. Wiedza o małych fragmentach rzeczywistości nie zawsze wystarcza do zrozumienia całości. Jednocześnie wskazuje kierunek badań – poszukiwanie warunków, które pozwalają przejść od informacji lokalnej do globalnej syntezy. To napięcie między „blisko” a „całością” pozostaje jednym z najważniejszych źródeł inspiracji w matematyce i naukach pokrewnych. Podamy przykłady oddziaływania tych dwóch pojęć i ich znaczenia w matematyce i poza nią.

# Konstanty JUNOSZA-SZANIAWSKI

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Metoda double oracle, czyli jak grać z niepewnością danych

Wiele zagadnień technicznych i naukowych można sprowadzić do problemu optymalizacji: chcemy znaleźć najkrótszą trasę, najtańszy plan działania albo najbardziej efektywne wykorzystanie zasobów. W praktyce jednak dane takiego problemu często nie są dokładnie znane – koszty mogą się zmieniać, pomiary mogą być obciążone błędem, a środowisko może zachowywać się nieprzewidywalnie.

W takich sytuacjach z pomocą przychodzi teoria gier. Niepewność można potraktować jak przeciwnika, który wybiera najbardziej niekorzystny scenariusz. W referacie opowiemy o metodzie **double oracle**, która pozwala rozwiązywać takie problemy bez konieczności analizowania wszystkich możliwych decyzji i wszystkich możliwych scenariuszy.

Jakub KOŁOMAŃSKI

Wydział Architektury  
Politechnika Warszawska

## Od informacji do formy. Rola architekta w dobie architektury informacyjnej. Jak projektować w oparciu o dane

12 | W dobie rosnącej złożoności procesów budowlanych rola architekta nieustannie ewoluuje, przesuując się z obszaru czystej estetyki w stronę zarządzania informacją. W ramach wystąpienia przedstawię, czym jest *computational design*, wyjaśniając jego fundamenty oraz genezę architektury parametrycznej. Wspomnę, do czego jest wykorzystywany oraz w jaki sposób pozwala optymalizować podejmowane decyzje projektowe poprzez zastąpienie ludzkiej intuicji, obiektywną, wielokryterialną analizą danych.

Omówię, na podstawie swojej pracy inżynierskiej oraz pracy w Grancie Horyzontowym, jak narzędzia architektury informacyjnej przydają się w symulacjach oraz ewaluowaniu dużej ilości danych – w tym przypadku w optymalizacjach topologicznych oraz symulacjach akustycznych. Umiejętne wspomaganie się narzędziami architektury informacyjnej nie ogranicza kreatywności, lecz stanowi niezbędne wsparcie w poszukiwaniu formy, która jest jednocześnie wydajna strukturalnie i responsywna wobec otoczenia. Całość rozważań podsumuję, jak automatyzacja procesów analitycznych pozwala architektom na nowo zdefiniować granice możliwości technicznych w służbie zrównoważonego budownictwa.

Izabela BAŁAKIER, Wiktor WIŚNIEWSKI

Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

## Wykorzystanie inteligentnej infrastruktury oświetleniowej i algorytmów AI w monitorowaniu dynamiki kampusu – projekty iCampus oraz Citcom.ai

Prezentacja poświęcona jest transformacji Politechniki Warszawskiej w kierunku „Inteligentnego Kampusu” (Smart Campus) poprzez realizację zaawansowanych projektów badawczo-rozwojowych: iCampus oraz Citcom.ai. Celem wystąpienia jest przedstawienie, w jaki sposób codzienna infrastruktura uczelniana jak oświetlenie zewnętrzne, może zostać przekształcona w platformę do pozyskiwania i analizy danych wspierających zarządzanie przestrzenią.

Głównym punktem prelekcji będzie omówienie roli inteligentnych latarni, które pełnią funkcję wielosensorowych węzłów danych. Wyposażone w różnorodne czujniki, latarnie te pozwalają na gromadzenie informacji o środowisku w czasie rzeczywistym. Szczególna uwaga zostanie poświęcona badaniu natężenia i dynamiki ruchu ludzi na terenie kampusu PW. W tym kontekście przedstawione zostanie wykorzystanie zaawansowanych metod wizji komputerowej, w tym algorytmu YOLO (*You Only Look Once*), do automatycznego wykrywania i oznaczania sylwetek osób na obrazach z kamer. Podejście to pozwala na uzyskanie dokładnych danych przy jednoczesnym zachowaniu zasad prywatności poprzez anonimizację informacji wizualnej.

W ramach projektu iCampus tworzony jest zintegrowany ekosystem danych, który przekształca kampus w tzw. „żywe laboratorium” umożliwiające testowanie i rozwój innowacyjnych rozwiązań. Z kolei udział w europejskiej inicjatywie Citcom.ai umożliwi prowadzenie badań nad sztuczną inteligencją w rzeczywistych warunkach operacyjnych, w ramach infrastruktury typu TEF (*Testing and Experimentation Facilities*). Pozwala to na walidację opracowanych technologii oraz ich przyszłe wdrożenie w systemach inteligentnych miast.

Podczas wystąpienia omówione zostaną kluczowe aspekty techniczne związane z integracją sensorów, przetwarzaniem danych w czasie rzeczywistym oraz analizą obrazu. Zaprezentowane zostaną również wyzwania projektowe i organizacyjne wynikające ze współpracy środowiska akademickiego z partnerami technologicznymi. Wnioski końcowe dotyczyć będą potencjału rozwoju autonomicznych systemów zarządzania przestrzenią miejską, opartych na danych i algorytmach sztucznej inteligencji.

## Przemysław BIELSKI

Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

# Co to jest gospodarka przestrzenna i dlaczego już niedługo (być może) nie zbudujesz domu na swojej własnej działce?

Pogłębiający się chaos przestrzenny w Polsce powoduje wciąż narastające negatywne skutki społeczne, gospodarcze i środowiskowe. Jego mierzalne koszty finansowe sięgają nawet 84,3 mld zł rocznie. Teoretycznie, osobami odpowiedzialnymi za walkę z tymi negatywnymi skutkami są m.in. absolwenci kierunku gospodarka przestrzenna. W praktyce jednak przez ostatnie dekady urbanisci nie zawsze mieli możliwość świadomego kształtowania przestrzeni polskich miast i wsi. W 2023 r. Sejm uchwalił kluczową reformę ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z 2003 r., uzbrajając urbanistów w dodatkowe narzędzia. Reforma ta do dziś budzi kontrowersje, zwłaszcza, że w 2026 r. ma wejść w życie najbardziej restrykcyjna dla inwestorów część jej przepisów. Wystąpienie powstało w oparciu o przegląd literatury, analizę aktów prawnych i obserwacje z praktyki zawodowej autora. Celem odczytu jest zapoznanie słuchaczy z pojęciem gospodarki przestrzennej, przedstawienie praktycznych aspektów obowiązujących przepisów w zakresie planowania przestrzennego oraz ukazanie wartości świadomego gospodarowania przestrzenią.

15

Szymon ZDZIARSKI

oraz

Piotr ŁAPKA

Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa  
Politechnika Warszawska

## Mikrotomografia komputerowa w wieloskalowym modelowaniu procesów termodynamicznych

16

Modelowanie numeryczne procesów termodynamicznych to wyzwanie o wysokim stopniu złożoności. Wymaga integracji wielu dziedzin naukowych, m.in. mechaniki płynów, chemii fizycznej czy termodynamiki statystycznej. Obecnie główne zastosowania komercyjne skupiają się na projektowaniu i optymalizacji materiałów codziennego użytku, w tym nowoczesnych kompozytów budowlanych oraz zaawansowanych tekstyliów. Wiarygodność symulacji transportu ciepła i wilgoci zależy bezpośrednio od rozdzielczości obszaru obliczeniowego i odpowiedniego doboru parametrów wejściowych. Zwiększanie rozmiarów siatki obliczeniowej pozwala na dokładniejsze odwzorowanie fizyki zjawisk zachodzących wewnątrz struktury materiału. Jednocześnie prowadzi to do drastycznego wzrostu kosztów symulacji, co często przekreśla opłacalność takich analiz. Rozwiązaniem tego problemu jest modelowanie wieloskalowe. Dzięki wyodrębnieniu reprezentatywnych objętości materiału w skali mikro (np. pojedyncze włókna), możliwe jest przeniesienie uśrednionych parametrów do skali mezo (sploty tkanin, struktury kompozytowe), by ostatecznie zasilać wydajne modele makroskopowe (budynki, odzież). Kluczowym narzędziem dostarczającym danych do tego procesu jest mikrotomografia komputerowa (micro-CT). Ta bezinwazyjna technika pozwala na rekonstrukcję rzeczywistej geometrii badanych ośrodków na poziomie mikrometrów. Pozyskane w ten sposób i odpowiednio uśrednione własności termofizyczne pozwalają na dokładne uwzględnienie kierunkowości (anizotropii) zjawisk, które w skali makro pozostają niedostrzegalne. Niniejsza praca prezentuje skuteczną metodykę implementacji wyników analiz rzeczywistej geometrii mikroskalowej do modeli makroskopowych na przykładzie biokompozytów budowlanych bazujących na drewnie oraz odzieży ochronnej odpornej na wysokie temperatury.

Julia LE BIHAN

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Perpetuity o lekkich ogonach

Perpetuity to rozwiązania równania według rozkładu  $X=AX+B$ , gdzie  $X$  i  $(A,B)$  są niezależne. Nazwa pochodzi od perpetual payment streams [1]. Termin ten stosowany jest w matematyce ubezpieczeniowej i finansowej. W pracy [2], którą napisałam wspólnie z moim Tutorem, znaleźliśmy asymptotykę w nieskończoności prawego ogona rozwiązania  $X$  oraz górną obwiednię powiązanego procesu autoregresyjnego z losowymi współczynnikami. Podczas referatu opowiem o naszych wynikach.

[1] Buraczewski Dariusz, Damek Ewa, Mikosch Thomas. Stochastic models with power-law tails. The equation  $AX=AX+B$ . Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Springer, [Cham], 2016. xv+320 pp

[2] Le Bihan J., Kołodziejek B., *Perpetuities with light tails and the local dependence measure*, Stochastic Processes and their Applications, 190 (2025)

Aleksander PIASECKI

Wydział Chemiczny  
Politechnika Warszawska

## Gdy dane mówią więcej niż wykres: analiza sygnałów chemicznych

Współczesna chemia eksperymentalna generuje coraz większe ilości danych w postaci widm, chromatogramów, sygnałów elektrochemicznych, przebiegów kinetycznych oraz przebiegów czasowych z czujników. Kluczowym problemem nie jest już wyłącznie samo uzyskanie pomiaru, lecz wydobycie z niego informacji o strukturze, składzie, dynamice procesu lub mechanizmie reakcji.

18

Punktem wyjścia może być transformata Fouriera, czyli jedna z podstawowych metod przechodzenia od opisu sygnału w dziedzinie czasu do opisu w dziedzinie częstotliwości. Jej siła wynika z prostoty interpretacyjnej i dobrze określonego aparatu matematycznego, ale jednocześnie zakłada globalny opis sygnału i najlepiej sprawdza się dla danych stanowiących liniowe kombinacje składowych cyklostacjonarnych. W praktyce chemicznej wiele sygnałów ma jednak charakter zmienny w czasie: nakładają się na siebie procesy przejściowe, dryft aparaturowy, zmiana mechanizmu reakcji, degradacja próbki lub nieregularne oscylacje.

W tym kontekście omówiona zostanie transformata Hilberta-Huanga, która przez swoje adaptacyjne podejście może być użyteczna w analizie danych nieliniowych i niestacjonarnych.

Celem wystąpienia będzie pokazanie, że wybór metody analizy nie jest kwestią formalną, lecz zależy od fizycznego charakteru danych i że jej zły dobór może prowadzić do złych wniosków co do natury badanych procesów.

Anna ZAMOJSKA-DZIENIO

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## O projektowaniu eksperymentów

W drugiej połowie XIX wieku zaczęła się rozwijać gałąź nauki zwana **teorią eksperymentu**. Głównym przedmiotem badań jest znalezienie odpowiedzi na pytanie: *jak zaplanować doświadczenie, aby przy najmniejszych kosztach zminimalizować błąd losowy, uzyskując jak najwięcej informacji.*

W referacie pokażę, jak w projektowaniu eksperymentów wykorzystuje się kwadraty łacińskie („sudoku”) oraz kwadraty grecko-łacińskie („podwójne sudoku”).

**Na przykład:** chcemy przetestować pięć leków pod kątem ich wpływu na łagodzenie objawów choroby przewlekłej. Pięciu pacjentów jest dostępnych do badania, a każdy będzie dostępny przez pięć tygodni. Testowanie pojedynczego leku wymaga tygodnia. Jeśli do przydzielenia terapii użyjemy kwadratu łacińskiego, to każdy pacjent otrzyma wszystkie pięć leków i w każdym tygodniu wszystkie pięć leków będzie testowanych.

Albert YEDZIKHANAU

Wydział Chemiczny  
Politechnika Warszawska

## Wykorzystanie ultradźwięków w procesach technologicznych

Obróbka ultradźwiękowa polega na działaniu fal mechanicznych o częstotliwości od 20 kHz do 2 MHz. W obszarach niskiego ciśnienia, wskutek uwalniania rozpuszczonych gazów oraz parowania cieczy, powstają mikropęcherzyki. Po oscylacji, w wyniku kilku cykli wzrostu i kurczenia, pęcherzyki rosną, a następnie implodują, co prowadzi do powstawania tzw. „hotspotów” o ekstremalnych warunkach – temperaturach rzędu tysięcy kelwinów oraz ciśnieniach sięgających setek barów [1].

20 | Takie warunki powodują dysocjację wiązań O–H w wodzie lub alkoholach, prowadząc do powstawania wysoce reaktywnych rodników H· oraz ·OH, co stanowi główny efekt chemiczny obróbki ultradźwiękowej.

Dodatkowo implozja mikropęcherzyków powoduje powstawanie mikrostrumieni oraz fal uderzeniowych. Kawitacja zwiększa transport masy dzięki lokalnym gradientom stężenia, ciśnienia i temperatury. Tworzenie się pęcherzyków wywołuje ruch cieczy prowadzący do powstawania mikroprądów, a mikrostrumienie cieczy wokół cząstek stałych przyspieszają ich ruch.

Ultradźwięki są wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu: w technologii żywności do przyspieszania ekstrakcji [2], tworzenia emulsji [3] i dyspersji [4], zmiękczenia mięsa, kontroli krystalizacji lodu i sacharozy [5]. W kontekście chemii organicznej warunkiem wewnątrz punktów gorących, powstające podczas działania kawitacji akustycznej przyspieszają reakcje oraz umożliwiają ich prowadzenie w łagodniejszych warunkach [6]. Zastosowanie ultradźwięków podczas polimeryzacji wpływa na masę cząsteczkową oraz przyspiesza reakcje na początkowych etapach [7]. Sonikacja biomasy prowadzi do częściowej depolimeryzacji ligniny oraz celulozy [8].

Sonochemia jest również wykorzystywana do produkcji nanomateriałów [9] w tym kropek kwantowych [10], ponieważ reakcja chemiczna strącania zachodzi wewnątrz „hotspotów”. Węglowe materiały takie jak grafen i nanorurki wę-

głowe [11] są otrzymywanie dzięki efektom fizycznym indukowanym działaniem ultradźwięków, głównymi mechanizmami są rozwarstwienie [12] i interkalacja.

## Bibliografia

- [1] Suslick, K. S., Choe, S.-B., Cichowlas, A. A. & Grinstaff, M. W. Sonochemical synthesis of amorphous iron. *Nature* 353, 414–416 (1991).
- [2] Tiwari, B. K. Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends Anal. Chem.* 71, 100–109 (2015).
- [3] Canselier, J. P., Delmas, H., Wilhelm, A. M. & Abismail, B. Ultrasound Emulsification – An Overview. *J. Dispers. Sci. Technol.* 23, 333–349 (2002).
- [4] Taurozzi, J. S., Hackley, V. A. & Wiesner, M. R. Ultrasonic dispersion of nanoparticles for environmental, health and safety assessment – issues and recommendations. *Nanotoxicology* 5, 711–729 (2011).
- [5] Gallo, M., Ferrara, L. & Naviglio, D. Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. *Foods* 7, 164 (2018).
- [6] Yu, H. et al. Recent advances of ultrasound-assisted Maillard reaction. *Ultrason. Sonochem.* 64, 104844 (2020).
- [7] Matyszczyk, G. An introductory laboratory class in sonochemistry. *Ultrason. Sonochem.* 101, 106691 (2023).
- [8] Ruffini, E., Bellineto, E., Turri, S. & Griffini, G. Nanolignin by Ultrasonication: Tuning the Process for Tailored Materials Characteristics. *ACS Omega* 10, 27585–27597 (2025).
- [9] Bang, J. H. & Suslick, K. S. Applications of Ultrasound to the Synthesis of Nanostructured Materials. *Adv. Mater.* 22, 1039–1059 (2010).
- [10] Matyszczyk, G. et al. Sonochemical Synthesis of Low-Dimensional Nanostructures and Their Applications – A Review. *Materials* 17, 5488 (2024).
- [11] Cheng, Z.-L., Kong, Y.-C., Fan, L. & Liu, Z. Ultrasound-assisted Li<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> co-intercalated exfoliation of graphite into few-layer graphene. *Ultrason. Sonochem.* 66, 105108 (2020).
- [12] Majumdar, D. Ultrasound-Assisted Synthesis, Exfoliation and Functionalisation of Graphene Derivatives. in *Graphene Functionalization Strategies* (eds Khan, A., Jawaid, M., Neppolian, B. & Asiri, A. M.) 63–103 (Springer Singapore, Singapore, 2019). doi:10.1007/978-981-32-9057-0\_3.

Martyna KOTULEK

Wydział Architektury  
Politechnika Warszawska

## Miękkość Miasta

Projekt *Miękkość miasta* stanowi refleksję nad przyszłością architektury mieszkaniowej w kontekście dynamicznych przemian społecznych, środowiskowych i ekonomicznych. Punktem wyjścia jest odejście od projektowania opartego na sztywnych funkcjach na rzecz podejścia skoncentrowanego na trwałych potrzebach człowieka. W oparciu o koncepcje Ingrid Gehl oraz Henriego Lefebvre'a opracowana została „mapa potrzeb”, obejmująca pięć kluczowych obszarów: cielesność, wspólnotę, bioróżnorodność, generowanie dzieł oraz doświadczenie.

22

Projekt proponuje model architektury adaptowalnej, w której przestrzeń nie jest jednoznacznie zdefiniowana, lecz może być przekształcana przez użytkowników w zależności od zmieniających się warunków i stylów życia. Przykładem jest wielofunkcyjny budynek mieszkaniowy typu *mixed tenure*, łączący różne formy zamieszkiwania – od najmu krótkoterminowego po kolektywy sąsiedzkie i rodzinne. Kluczową rolę odgrywa tu wspólnotowość, organizująca zarówno strukturę przestrzenną, jak i relacje społeczne.

Istotnym elementem projektu są również strategie partycypacyjne oraz działania z zakresu *tactical urbanism*, które umożliwiają testowanie rozwiązań i aktywne włączanie mieszkańców w proces projektowy. Architektura staje się w tym ujęciu ramą dla codziennych praktyk i wydarzeń, a nie zamkniętym, niezmiennym obiektem.

W prezentacji zostanie także krótko omówiony kontekst pracy w ramach działalności Fundacji im. Stefana Kuryłowicza oraz doświadczenia związane ze stypendium, które stanowiło ważne wsparcie w rozwoju projektu.

Projekt *Miękkość miasta* traktowany jest jako proces-otwarty, elastyczny i oparty na współpracy – w którym potrzeby użytkowników pozostają stałym punktem odniesienia dla kształtowania przestrzeni.

Jakub BOROWICZ

oraz

Weronika BULEJAK, Małgorzata LEMAŃSKA,  
Wioletta RARÓG-PILECKAWydział Chemiczny  
Politechnika Warszawska

## Badania nad formowaniem nośników katalizatorów z $\text{Nd}_2\text{O}_3$ o określonej geometrii z układów koloidalnych

Rosnące zapotrzebowanie na surowce krytyczne, w połączeniu z jednoczesnymi ograniczeniami w ich podaży, wymusza opracowanie metod recyklingu tych pierwiastków. Ważnym tematem badawczym jest przetwarzanie magnezów neodymowych, gdyż występujące w nich w wysokiej zawartości metale ziem rzadkich są niezbędne dla nowoczesnych technologii. Szczególne znaczenie ma ich zastosowanie w technologiach wodorowych, które w dużym stopniu opierają się na specjalistycznych procesach katalitycznych. Jednym z nich jest plazmowo-katalityczny rozkład amoniaku w wyładowaniu ślizgowym – obiecująca metoda wytwarzania wodoru o niskim śladzie węglowym. Aby zapewnić wysoką wydajność reakcji, kluczowe jest wyeliminowanie nadmiernych oporów przepływu wewnątrz reaktora, co można osiągnąć poprzez tworzenie złóż katalitycznych o precyzyjnie kontrolowanych parametrach.

Celem niniejszych badań jest optymalizacja składu dyspersji na bazie  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ , które mogą być wykorzystane do wytwarzania nośników katalizatorów metodą *direct ink writing* (DIW) lub metodą impregnacji pianek polimerowych. W tym celu przeprowadzono analizę morfologii proszku tlenku neodymu za pomocą SEM, pomiary potencjału dzeta zawieszin oraz badania reologiczne otrzymanych dyspersji. Dobrano rozpuszczalnik, upłynniacz i spoiwo, a także ich odpowiednie stężenia. Na podstawie uzyskanych wyników możliwe będzie zaprojektowanie złóż katalitycznych do plazmowego rozkładu amoniaku o określonej geometrii i porowatości. [1-2]

Badania otrzymały finansowanie z Unii Europejskiej w ramach działań badawczych i innowacyjnych programu **Horyzont Europa**, projekt **NEO-CYCLE** nr 101138058

(HORIZON-CL4-2023-TWIN-TRANSITION-01-42). Wyrażone poglądy i opinie są jednak wyłącznie opiniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy Unii Europejskiej. Unia Europejska nie ponosi za nie odpowiedzialności.

[1] S. Lawson, X. Li, H. Thakkar, A. A. Rownaghi, and F. Rezaei, "Recent Advances in 3D Printing of Structured Materials for Adsorption and Catalysis Applications," May 26, 2021, *American Chemical Society*. doi: 10.1021/acs.chemrev.1c00060.

[2] A. Dorris, C. Sicard, M. C. Chen, A. B. McDonald, and C. J. Barrett, "Stabilization of neodymium oxide nanoparticles via soft adsorption of charged polymers," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 3, no. 9, pp. 3357–3365, Sep. 2011, doi: 10.1021/am200515q

Mikołaj ROWICKI

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Ptaki i algorytmy – jak nowoczesne technologie rewolucjonizują ornitologię

Ornitologia przeszła w ostatniej dekadzie transformację, której skala jest trudna do przecenienia. Tam, gdzie kiedyś kilkudziesięciu badaczy prowadziło sezonowe obserwacje, dziś miliony zwykłych ludzi z telefonami w kieszeniach generują strumień danych niemożliwy do zebrania żadną tradycyjną metodą. W referacie omówię, jak ta rewolucja „*citizen science*” splata się z rozwojem uczenia maszynowego, tworząc narzędzia użyteczne zarówno dla naukowców, jak i dla ochrony przyrody - ale też gdzie te narzędzia napotykają swoje granice.

Platformy takie jak eBird, iNaturalist czy Xeno-canto agregują dziś odpowiednio ponad miliard obserwacji ptaków, miliony oznaczonych fotografii przyrodniczych i setki tysięcy nagrań audio. Dane te wiążą się jednak z poważnymi wyzwaniami: nierównomiernym pokryciem geograficznym, zmienną jakością obserwatorów i obciążeniem próby. Omówię, jak eBird radzi sobie z tym problemem przez systemy filtrów oraz społecznościową weryfikację jakości materiałów. Opowiem także o tym, jak uczenie maszynowe wkracza w ornitologię wieloma komplementarnymi drogami. Jedną z nich jest rozpoznawanie gatunków z nagrań audio. Druga droga to analiza migracji na dużą skalę – istniejące projekty wyciągają z surowych obserwacji obywatelskich tygodniowe mapy rozmieszczenia dla setek gatunków, uwzględniając warunki pogodowe, typ siedliska i wysiłek obserwatorów.

W ramach odczytu wspomnę również o temacie, który w ornitologii fascynuje mnie najbardziej, czyli wagrantach – gatunkach zalatujących daleko poza swój normalny zasięg, często na skutek ekstremalnych warunków pogodowych, błędów nawigacyjnych lub presji klimatycznej.

Natalia KOLARZ

Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej  
Politechnika Warszawska

## Granica między ciałem a biomateriałem: inżynieria powierzchni w projektowaniu nowoczesnych implantów kostnych

26

Współczesna ortopedia i chirurgia coraz częściej zastępują tradycyjne implanty metaliczne zaawansowanymi tworzywami sztucznymi. Szczególne miejsce pośród tego typu materiałów zajmuje polieteroeteroketon (PEEK). Dzięki biomechanicznemu podobieństwu do kości można stosować go do tworzenia personalizowanych implantów metodą druku 3D, jednak jego bioinertność utrudnia trwałą osteointegrację. Oznacza to, że implant jest dla organizmu ciałem obcym, z którym komórki nie tworzą trwałego połączenia.

Kluczem do pokonania tej bariery jest inżynieria powierzchni, pozwalająca na zachowanie zalet mechanicznych materiału przy jednoczesnym wytworzeniu bioaktywnej powłoki. Podczas wystąpienia przedstawię strategie modyfikacji powierzchni PEEK opracowywane w ramach projektu OSTEOFUSE. Zaprezentuję wytwarzane przez nas powłoki oraz metody ich charakterystyki. Wspólnie prześledzimy proces transformacji chemicznie obojętnego polimeru w materiał bioaktywny, podkreślając znaczenie precyzyjnego kształtowania parametrów fizykochemicznych na granicy polimeru i tkanki kostnej w projektowaniu implantów kostnych.

Maciej NIEDŹWIEDŹ

Wydział Mechatroniki  
Politechnika Warszawska

## Monitoring fauny miejskiej: Wykorzystanie AI i budżetowych fotopułapek

Gwałtowna ekspansja obszarów miejskich w Europie przesunęła granicę między siedliskami ludzkimi a dziką przyrodą, co doprowadziło do stałej obecności w miastach gatunków takich jak dziki i lisy. Zjawisko to niesie ze sobą istotne zagrożenia, w tym rozprzestrzenianie się chorób odzwierzęcych, wzrost liczby wypadków drogowych oraz uszkodzenia mienia. W niniejszej pracy przedstawiono ocenę tych wyzwań, podkreślając pilną konieczność wprowadzenia wydajnego monitoringu w celu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego i równowagi ekologicznej.

Obecne metody obserwacji są często pracochłonne i trudne do skalowania w złożonym środowisku miejskim. Aby rozwiązać ten problem, zaproponowano zautomatyzowany model wykorzystujący sieć fotopułapek do nieinwazyjnego gromadzenia danych. Dzięki integracji sztucznej inteligencji system może automatycznie identyfikować gatunki oraz analizować ich zachowania, co znacząco redukuje nakład pracy ręcznej wymagany przy przetwarzaniu danych. Całość uzupełnia analiza praktycznego wykorzystania budżetowych modeli fotopułapek w monitoringu miejskim, rozwiązania problemu dużej objętości plików oraz wybrane narzędzia do automatycznej detekcji.

27

Magdalena PUZIO

Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa  
Politechnika Warszawska

## Analiza charakterystyk aerodynamicznych samolotu Messerschmitt Bf 109G-6

Praca przedstawia obliczenia z zakresu podstaw mechaniki lotu, których przedmiotem analizy jest jeden z najbardziej ikonicznych myśliwców okresu II wojny światowej – Messerschmitt Bf 109. Celem projektu było wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych samolotu, co poprzedzono dokładnym odwzorowaniem geometrii płatowca. Rezultaty obliczeń zweryfikowano za pomocą aproksymacji liniowych oraz metod porównawczych stosowanych w dziedzinie mechaniki lotu.

28

W pierwszej fazie prac skoncentrowano się na doborze statku powietrznego oraz zgromadzeniu jego danych technicznych. Parametry wybranej wersji Me-109 G6, produkowanej masowo od 1943 roku, wykorzystano jako dane wejściowe do obliczeń. Z pomocą rysunków technicznych określono geometrię samolotu. W szczególności, wyznaczono istotne parametry skrzydła, takie jak wydłużenie, zbieżność, średnią cięciwę aerodynamiczną oraz kąty skosu. Dane te umożliwiły obliczenie charakterystyk aerodynamicznych płata nośnego: zależności współczynnika siły nośnej od kąta natarcia oraz powiązanego z nimi współczynnika oporu.

W kolejnym etapie uwzględniono wpływ kształtu i wydłużenia płata na nośność oraz opór indukowany. Skorygowano średnie kąty natarcia płata i współczynniki oporu. Dzięki temu wyznaczono rzeczywiste charakterystyki aerodynamiczne skrzydła, co pozwoliło wykazać spadek efektywności płata o skończonym wydłużeniu w porównaniu do profilu dwuwymiarowego. Największe różnice zaobserwowano w przypadku współczynnika oporu; w zakresie krytycznych kątów natarcia osiąga wartości pięciokrotnie większe.

Następnie rozszerzono analizę na cały samolot w celu określenia wpływu poszczególnych elementów konstrukcyjnych na opór aerodynamiczny. W tym celu oszacowano współczynniki oporu kadłuba, usterzenia, owiewki kabiny oraz innych elementów statku powietrznego. Końcowym krokiem było zsumowanie wkładów od wszystkich komponentów oraz wprowadzenie korekty ze względu na opór interferencyjny pomiędzy elementami.

Opisana procedura umożliwiła wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych całego samolotu. Uzyskane wyniki poddano aproksymacji liniowej i porównano z wartościami oczekiwanymi w grupie jednoosobowych samolotów myśliwskich. Niewielkie rozbieżności funkcji aproksymującej i charakterystyki dyskretnej zaobserwowano jedynie w obszarze zbliżonym do krytycznych kątów natarcia, gdzie osiągnęte są maksymalne wartości współczynnika siły nośnej. Jest to zjawisko typowe dla uproszczonych modeli charakterystyk aerodynamicznych.

Wyniki wskazują, że znane metody obliczeniowe mechaniki lotu pozwalają na wystarczająco dokładne wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych nawet dla historycznej konstrukcji. Rezultaty uzyskane w projekcie mogą posłużyć jako punkt wyjścia do dalszych analiz osiągow, równowagi i manewrów samolotu Messerschmitt Bf 109G-6.

Karol DUSZCZYK

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Zrównoważony internet rzeczy jako fundament inteligentnych miast

Wraz z postępującą urbanizacją idea „inteligentnego miasta” przestaje być futurystyczną wizją, a staje się palącą koniecznością. Jej urzeczywistnienie wymaga jednak porzucenia dotychczasowych, zasobochłonnych rozwiązań technologicznych. W moim wystąpieniu pokażę, jak technologie nowej generacji można w praktyce łączyć, by tworzyć miasta zrównoważone, wydajne i odporne na kryzysy.

30

Jedną z największych barier dla masowego wdrażania IoT w miastach pozostaje koszt środowiskowy i logistyczny związany z zasilaniem urządzeń oraz utrzymaniem przepływu danych. Przyjrę się zmianie podejścia, jaka dokonuje się dziś w tej dziedzinie: rosnącemu znaczeniu pozyskiwania energii z otoczenia (*energy harvesting*) i elektroniki niewymagającej baterii (*zero-power electronics*) - rozwiązań, które realnie ograniczają zależność od baterii i ilość elektrośmieci. Pokażę też, jak radzić sobie z lawinowo rosnącą ilością danych, porównując dwa podejścia: przetwarzanie w chmurze oraz przetwarzanie bliżej źródła danych, czyli tzw. *edge computing*, które pozwala obsługiwać informacje lokalnie i z minimalnym opóźnieniem.

Teoria to jednak nie wszystko. Aby spojrzeć na temat z praktycznej strony, przeanalizuję konkretne wdrożenia z różnych miast – zarówno te udane, jak i te, które warto traktować jako przestrożę.

Łącząc zaawansowaną inżynierię z codziennymi realiami życia w mieście, chcę pokazać, że inteligentne miasta to nie kwestia technologii samej w sobie, lecz tego, jak świadomie po nią sięgamy.

Antoni KOBOSZ

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Zastosowania metod matematycznych w symulowanym tradingu algorytmicznym

Praca powstała w oparciu o doświadczenia zdobyte podczas udziału w międzynarodowym konkursie **IMC Prosperity 4** w kwietniu 2026r. W ciągu dwóch tygodni rozegrano sześć rund, w ramach których rozwiązywane były zróżnicowane problemy związane z symulowanym rynkiem finansowym. Analizowane zagadnienia obejmowały: wycenę instrumentów pochodnych, modelowanie dynamiki cen oraz predykcję zachowań uczestników rynku (graczy z przeciwnych zespołów), a także identyfikację nietypowych wzorców aktywności wybranych agentów. Od uczestników wymagano przesłania algorytmów w języku Python, a na podstawie zysków osiągniętych w symulacji przyznawane były punkty.

W rozważanych problemach wykorzystano klasyczne modele finansowe takie jak model Blacka-Scholesa oparty na geometrycznym ruchu Browna, a w sytuacjach wymagających podejścia symulacyjnego użyto metod Monte Carlo. W niektórych zadaniach kluczowe było przewidywanie decyzji innych graczy na podstawie niepełnych danych, co wymagało budowy modeli opisujących ich zachowanie.

W końcowej rundzie nastąpiła zmiana reguł. Giełda przestała być anonimowa, co umożliwiło badanie struktury interakcji pomiędzy uczestnikami rynku. Dzięki temu zaobserwowano nietypowe schematy handlu takie jak handel poufny (*Insider trading*) oraz różnego rodzaju zależności wpływające na dynamikę cen.

We wszystkich sześciu rundach zastosowano różnorodne metody matematyczne w zależności od charakteru dostępnych informacji i struktury samego problemu, a różne podejścia modelowe pozwoliły uchwycić odmienne aspekty złożonych zjawisk rynkowych i jednocześnie porównać trafność oraz skuteczność tych modeli w praktyce.

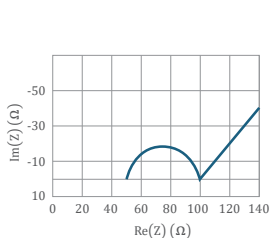
Maciej SIEKIERSKI

Wydział Chemiczny  
Politechnika Warszawska

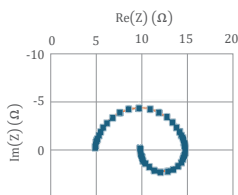
## Czy rezystancja i pojemność mogą być ujemne - paradoksy matematycznego

W elektrochemii łatwo wyznaczalną miarą postępu reakcji chemicznej jest ilość wykorzystanego w tym celu ładunku elektrycznego opisywana z podstawowego kursu chemii prawem Faradaya. Rozszerzenie tego modelu o procesy niestacjonarne może być łatwo uzyskane poprzez uwzględnienie składowej pojemnościowej prądu. Przykładem takiego niefaradajowskiego procesu może być powszechnie wykorzystywana w konstrukcji superkondensatorów akumulacja ładunku w przyelektrodowej warstwie podwójnej. Kombinacje takich zjawisk mogą być z kolei transponowane na opis za pomocą elektrotechnicznego obwodu zastępczego składającego się z oporników i kondensatorów, gdzie poszczególne elementy odpowiadają jego poszczególnym składowym, a topologia obwodu definiuje ich wzajemne zależności - połączenia szeregowe to procesy następcze, a równoległe - równoczesne. Taki klasyczny obraz zjawisk jest podstawą jednej z ciekawszych metod elektroanalizy jaką jest spektroskopia immitancyjna.

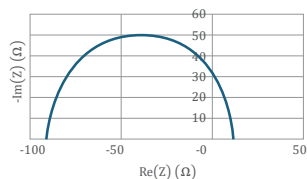
32



$$R_{ct} > 0, Q_{dl} > 0, \tau > 0$$



$$R_{ads} < 0, Q_{ads} < 0, \tau > 0$$



$$R_{ND} < 0, Q_{dl} > 0, \tau < 0$$

Dla niektórych badanych układów ich obraz wychodzi jednak poza tak zdefiniowany schemat wskazując na 'matematyczne istnienie' ujemnych pojemności i/lub rezystancji posiadających jednak swój (inny niż oczekiwany) sens fizyczny związany z pojawieniem się zjawisk specyficznej adsorpcji cząstek obojętnych na powierzchni elektrody, czy też występowania elektrochemicznych reakcji oscylacyjnych.

Szymon PAWLONKA

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Inteligencja Wielomodalna z Perspektywy Problemów Bongarda

Problemy Bongarda stanowią wymagające środowisko testowe do ewaluacji umiejętności rozumowania wizualnego. Pozwalają na weryfikację zdolności modeli do identyfikacji konceptów wizualnych w formie języka naturalnego na podstawie ograniczonej liczby przykładów. Dotychczasowe warianty tych problemów wykazywały jednak istotne ograniczenia: przedstawiały abstrakcyjne koncepty za pomocą uproszczonych rysunków lub wykorzystywały obrazy rzeczywiste, w których koncepty można było zidentyfikować na podstawie ogólnych cech, bez konieczności głębszego wnioskowania. Niedawno udostępniony zbiór Bongard-RWR skutecznie odzwierciedla koncepty abstrakcyjne w obrazach rzeczywistych, jednak jego niewielka skala (60 instancji) zawęża wiarygodność ewaluacji.

W odpowiedzi na te ograniczenia, podczas wystąpienia zaprezentowany zostanie nowy zbiór Bongard-RWR+, składający się z 5400 instancji. Omówiony zostanie zautomatyzowany proces jego tworzenia, wykorzystujący potok modeli wizyjno-językowych (VLM): model Pixtral-12B do ekstrakcji i generowania opisów konceptów oraz model Flux.1-dev do syntezy realistycznych obrazów. Przedstawione zostaną również wyniki ewaluacji wiodących modeli VLM, które dowodzą, że współczesne modele wciąż mają problem z zadaniami wymagającymi szczegółowego rozumowania wizyjnego.

Prezentacja zbioru Bongard-RWR+ posłuży także jako punkt wyjścia do zarysowania aktualnych kierunków badawczych nad paradygmatem *Thinking With Images*. Podejście to zakłada wyposażenie modeli w zdolność do aktywnego, wieloetapowego rozumowania bezpośrednio w przestrzeni reprezentacji wizualnych, co może stanowić odpowiedź na obecne ograniczenia modeli VLM.

Aleksander PIZOŃ

Wydział Chemiczny  
Politechnika Warszawska

## Elektrochemia przyszłości: energia, transport i przemysł w gospodarce opartej na elektronach

34

Rosnący udział źródeł odnawialnych, elektryfikacja transportu oraz potrzeba ograniczania emisji w przemyśle zwiększają znaczenie technologii elektrochemicznych. Akumulatory, elektrolizery, ogniwa paliwowe, baterie przepływowo oraz procesy elektrochemicznego przetwarzania surowców mogą pełnić różne funkcje w przyszłych systemach gospodarczych: magazynować energię, wspierać stabilną pracę sieci, zasilać transport oraz umożliwiać produkcję paliw, półproduktów i związków chemicznych przy wykorzystaniu energii elektrycznej.

Zakres możliwych zastosowań elektrochemii jest bardzo szeroki, ale poszczególne technologie znajdują się na różnych etapach rozwoju. Akumulatory są już rozwiązaniem masowo wdrażanym w elektromobilności i krótkoterminowym magazynowaniu energii. Technologie wodorowe rozwijają się dynamicznie, choć ich przyszła rola zależy od kosztu produkcji wodoru, dostępności infrastruktury oraz zapotrzebowania ze strony przemysłu i transportu ciężkiego. Baterie przepływowo, ogniwa paliwowe oraz elektrochemiczna konwersja CO<sub>2</sub> lub innych surowców pozostają obszarami o dużym potencjale, ale wymagają dalszego rozwoju materiałów, urządzeń i modeli wdrożeniowych.

Przyszłość elektrochemii w gospodarce zależy od realistycznej oceny tych technologii: ich dojrzałości, kosztów, trwałości, skalowalności i miejsca w istniejących systemach energetycznych oraz przemysłowych. Szczególnie istotne jest wskazanie, które rozwiązania mają największą szansę szerokiego zastosowania w najbliższych dekadach, a które pozostają przede wszystkim kierunkiem badań. Taka perspektywa pozwala traktować elektrochemię jako jeden z ważnych obszarów rozwoju nowoczesnej energetyki, transportu i przemysłu chemicznego.

Adam RESZKA

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Hipoteza rekonstrukcji grafów: Czy z części da się odtworzyć całość?

Hipoteza rekonstrukcji to jedna z najstarszych i najbardziej fascynujących zagadek współczesnej teorii grafów. Choć jej sformułowanie jest na tyle proste, że zrozumie ją każdy, od ponad 80 lat pozostaje nieruszona. Podczas wystąpienia przyjrzymy się „talii” grafu – zbiorowi podgrafów powstałych przez usuwanie pojedynczych wierzchołków. Wspólnie z publicznością spróbujemy na własną rękę dokonać pewnych elementarnych obserwacji i sprawdzimy, co z nich wynika. Przeanalizujemy przypadki, w których hipoteza została potwierdzona (m.in. dla grafów niespójnych i regularnych), zastanowimy się, dlaczego w świecie matematyki „proste” nie zawsze oznacza „łatwe” oraz jak współczesna nauka próbuje zmierzyć się z tym wyzwaniem.

Mikołaj ROSZCZYK

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Fuzja informacji w systemach wspomagania decyzji

Systemy monitorowania oparte na pojedynczym źródle danych są obarczone ryzykiem błędu oraz niepewnością pomiarową, co w systemach krytycznych może prowadzić do błędnych decyzji. Rozwiązaniem tego problemu jest implementacja redundancji czujnikowej, polegająca na wykorzystaniu wielu niezależnych źródeł opisujących ten stan obiektu. Kluczowym wyzwaniem staje się wówczas proces fuzji danych, który pozwala na syntezę heterogenicznych informacji w celu wypracowania spójnej i wiarygodnej decyzji końcowej.

36

Niniejszy referat stanowi przegląd matematycznych i informatycznych metod fuzji informacji stosowanych w systemach wspomagania decyzji. Zostanie przedstawione spektrum rozwiązań: od klasycznych metod głosowania, przez inferencję bayesowską opartą na prawdopodobieństwie warunkowym, aż po zaawansowane ramy matematyczne do modelowania niepewności, takie jak teoria dowodów Dempstera-Shaffera oraz jej rozwinięcie, teoria Dezerta-Smarandache'a (DSmT). Celem wystąpienia jest przedstawienie mechanizmów integracji danych, które pozwalają na zwiększenie odporności systemów decyzyjnych na zakłócenia i sprzeczne informacje pochodzące z czujników.

Kacper ANDRZEJEWSKI

Wydział Inżynierii Materiałowej  
Politechnika Warszawska

## Równania okiem inżyniera

Człowiek od zawsze starał się szukać zależności w otaczającym go świecie. Pierwsze wnioski wyciągał na podstawie obserwacji, często poprzedzonych doświadczeniem. Równania dają możliwość sformułowania tych wniosków w niezwykle zwartej, prostej i uniwersalnej formie. Ich interpretacja i zrozumienie wymagają jednak myślenia w sposób abstrakcyjny. Jakiego rodzaju informacje niosą za sobą równania, nierówności i proporcje? Jak wygląda proces opracowywania modelu matematycznego w ujęciu współczesnej inżynierii? Na te pytania postaram się odpowiedzieć na przykładzie opisu tarcia i zużycia materiałów.

Paweł BUCZYŃSKI

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

## Symulacja układów kwantowych za pomocą analogowych obwodów elektrycznych – model Krona

38

Model Krona, zaproponowany przez Gabriela Krona w 1945 roku, pozwalał między innymi znajdować stany stacjonarne w układach kwantowych przed wynalezieniem komputerów. Model opiera się na prostej obserwacji – równanie Schrödingera niezależne od czasu (czyli dla stanu stacjonarnego) ma taką samą postać, jak równanie różniczkowe odpowiednio skonstruowanego analogowego obwodu elektrycznego LC (po uciążleniu). Dzięki temu dowolny układ kwantowy można zamienić na równoważny obwód LC, a następnie znaleźć jego stany stacjonarne, odpowiednio wzbudzając obwód. Cewki ustalają kształt potencjału i masę cząsteczki, częstotliwość wzbudzenia w połączeniu z pojemnością kondensatorów odpowiada energii układu, napięcie w poszczególnych punktach odpowiada funkcji falowej, a częstotliwości rezonansowe obwodu odpowiadają poziomom energetycznym kolejnych stanów stacjonarnych.

Sam Gabriel Kron używał tego modelu do rozwiązywania zwykłego równania Schrödingera niezależnego od czasu, ale możliwe jest rozszerzenie go na inne podobne układy kwantowe. Podjąłem współpracę z Arturem Michalakiem, należącym do koła studenckiego PEMSSA na Politechnice Łódzkiej, które pracuje m.in. nad rozszerzeniem modelu Krona do opisu qubitów fotonowych, położeniowych i spinowych (co umożliwi symulację komputera kwantowego), a także nadprzewodników (równanie Ginzburga–Landaua). Pierwszym projektem w którym brałem udział było właśnie poszukiwanie odpowiednich elementów nieliniowych, koniecznych do symulacji nadprzewodników. Później w ramach walidacji teoretycznego modelu Krona oraz całego procesu fizycznej realizacji obwodu, pomiarów i analizy danych, przeprowadziliśmy symulację atomu wodoru w 2D – czyli symulację funkcji falowej elektronu w potencjale elektrostatycznym protonu. Projekt był bardzo udany, symulacja odpowiadała wyliczeniom teoretycznym z dokładnością wyższą niż spodziewana. Obecnie pracujemy nad podobną symulacją w 3D i rozszerzeniem na więcej elektronów.

Krzysztof SZCZEPAŃSKI

Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

## Precyzyjne pomiary w niedostępnym terenie za pomocą budżetowego odbiornika GNSS Emlid Reach M2

Celem badań było określenie optymalnej metody wykonywania i opracowywania pomiarów GNSS w trudnym terenie dla budżetowego odbiornika GNSS Emlid Reach M2.

Z omawianego odbiornika uzyskano dane z pomiarów metodą statyczną wykonane w Libii których pierwotne przetworzenie na miejscu okazało się być niemożliwe, ze względu na brak pobliskich stacji bazowych, dosyć krótki czas pomiarów i ograniczenia w dostępie do oprogramowania. Podjęto więc próbę opracowania tych danych przy użyciu odpowiedniego oprogramowania i danych ze stacji bazowych IGS (*International GNSS Service*).

W tym celu, aby lepiej poznać możliwości odbiornika, w pierwszej kolejności przeprowadzono serię eksperymentów w Centrum Analiz Geoprzestrzennych Wydziału Geodezji i Kartografii PW w Józefosławiu. Wyznaczono centrum fazowe i wyliczono wektory dla stacji bazowych położonych w różnej odległości od odbiornika, w tym dla bardzo odległych, w celu sprawdzenia możliwości wykonywania pomiarów pojedynczym odbiornikiem na obszarach, gdzie niedostępne są stacje bazowe. Sprawdzano także wpływ długości pomiarów na osiągnięte rezultaty. Na tej podstawie określono podstawowe wytyczne do opracowania danych z tej klasy odbiorników.



Centrum Studiów  
Zaawansowanych  
Politechnika Warszawska

