

Przykładowe tematy projektów

Prowadzący: Łukasz Płociniczak

0. Własny temat

W wielu przypadkach jest to optymalny wybór dla wielu studentów. Własny pomysł musi być uzgodniony i musi uzyskać akceptację prowadzącego. Zwykle najprzyjemniej się pracuje nad tematem, który nas interesuje.

1. Identyfikacja parametrów modeli farmakokinetycznych

Projekt dotyczy wyznaczania parametrów modeli opisujących transport i eliminację substancji w organizmie na podstawie niepełnych i zaszumionych danych pomiarowych. Analizowany będzie wpływ liczby i rozmieszczenia pomiarów na dokładność identyfikacji oraz możliwość jednoznacznego wyznaczenia parametrów modelu. Projekt łączy równania różniczkowe zwyczajne, metody numeryczne, optymalizację i elementy statystyki.

2. Modele z pamięcią w opisie degradacji baterii

Celem projektu jest porównanie klasycznych modeli dynamicznych z modelami uwzględniającymi wpływ historii procesu na aktualny stan baterii. Analizowane będą możliwości identyfikacji parametrów oraz jakość prognoz degradacji otrzymywanych za pomocą obu klas modeli. Istotnym elementem projektu będzie opracowanie i porównanie odpowiednich metod numerycznych.

3. Optymalne planowanie pomiarów w modelach dynamicznych

Projekt dotyczy wyboru momentów wykonywania pomiarów w taki sposób, aby możliwie dokładnie wyznaczyć nieznane parametry modelu dynamicznego. Jako przykład może posłużyć model glukoza-insulina lub inny niewielki model biologiczny opisany układem równań różniczkowych. Projekt łączy modelowanie, analizę wrażliwości, optymalizację i metody statystyczne.

4. Identyfikacja zmiennych w czasie parametrów modelu epidemicznego

Celem projektu jest odtworzenie parametrów modelu epidemiologicznego zmieniających się w czasie, np. intensywności kontaktów w populacji, na podstawie dostępnych obserwacji. Porównane zostaną różne sposoby reprezentowania zmiennych parametrów oraz metody ich identyfikacji. Szczególna uwaga zostanie poświęcona regularyzacji, przeuczeniu modelu i jakości prognoz.

5. Odkrywanie równań ruchu pojazdów na podstawie danych

Projekt dotyczy automatycznego wyznaczania prawa dynamiki opisującego ruch pojazdu na podstawie obserwowanych trajektorii. Porównane zostaną m.in. metody SINDy, regresji symbolicznej oraz podejścia wykorzystujące modele językowe. Oceniana będzie nie tylko

dokładność predykcji, lecz także interpretowalność otrzymanych modeli, ich odporność na szum i zdolność do ekstrapolacji.

6. PINN w problemach odwrotnych dla równań różniczkowych

Projekt dotyczy zastosowania Physics-Informed Neural Networks (PINN) do jednoczesnego wyznaczania rozwiązania równania różniczkowego i jego nieznanych parametrów. Metoda zostanie porównana z klasycznym podejściem wykorzystującym solver ODE i optymalizację. Celem będzie określenie, w jakich warunkach PINN stanowi konkurencyjne narzędzie do identyfikacji modeli dynamicznych.

7. Modelowanie temperatury budynku i sterowanie ogrzewaniem

Celem projektu jest opracowanie uproszczonego modelu cieplnego budynku na podstawie równań różniczkowych i danych pomiarowych. Model zostanie wykorzystany do przewidywania temperatury oraz zaprojektowania strategii sterowania ogrzewaniem. Analizowany będzie kompromis pomiędzy dokładnością modelu, zużyciem energii i komfortem użytkowników.

8. Rozprzestrzenianie się zjawisk na sieciach i optymalizacja interwencji

Projekt dotyczy modeli epidemii, informacji lub innych procesów rozprzestrzeniających się na sieciach. Dynamika poszczególnych węzłów zostanie opisana układem równań różniczkowych, a struktura połączeń za pomocą grafu. Celem będzie porównanie różnych strategii ograniczania rozprzestrzeniania się procesu przy ograniczonych zasobach.

9. Modele deterministyczne i stochastyczne systemów kolejkowych

Celem projektu jest porównanie stochastycznych modeli kolejek z ich uproszczonymi przybliżeniami deterministycznymi. Rozważone mogą zostać systemy obsługi klientów, serwery komputerowe, placówki medyczne lub inne systemy z losowym napływem zadań. Projekt będzie obejmował symulacje, analizę statystyczną i ocenę zakresu stosowalności poszczególnych modeli.

10. Optymalizacja działania magazynu energii

Projekt dotyczy matematycznego modelowania procesu ładowania i rozładowywania magazynu energii przy zmiennym zapotrzebowaniu, produkcji lub cenach energii. Zadaniem będzie opracowanie i porównanie różnych strategii sterowania. Analizowany będzie kompromis pomiędzy kosztami, niezawodnością, wykorzystaniem dostępnej energii i degradacją magazynu.

12. Automatyczne odkrywanie niezmienników układów dynamicznych

Projekt dotyczy poszukiwania wielkości zachowywanych przez układ dynamiczny wyłącznie na podstawie jego obserwowanych trajektorii. Porównane mogą zostać metody regresji rzadkiej, regresji symbolicznej oraz wybrane modele neuronowe. Znalezione niezmienniki

zostaną wykorzystane m.in. do weryfikacji jakości symulacji lub wykrywania nietypowego zachowania układu.

13. Odkrywanie modeli dynamicznych: SINDy, regresja symboliczna i LLM

Projekt dotyczy porównania różnych metod automatycznego odkrywania równań różniczkowych na podstawie danych. Badane będą metody SINDy, regresja symboliczna oraz podejścia wykorzystujące modele językowe do generowania kandydatów na prawa dynamiki. Oceniana będzie zdolność odzyskania właściwej struktury równania, dokładność predykcji, odporność na szum oraz interpretowalność modeli.

14. Identyfikowalność parametrów w częściowo obserwowanych modelach dynamicznych

Projekt dotyczy pytania, czy parametry modelu można jednoznacznie wyznaczyć na podstawie dostępnych obserwacji, w szczególności gdy mierzona jest tylko część zmiennych opisujących układ. Rozważone zostaną modele pochodzące m.in. z biologii, farmakokinetyki lub epidemiologii. Analiza teoretyczna zostanie uzupełniona eksperymentami numerycznymi i badaniem wrażliwości rozwiązania na parametry.

15. Wpływ opóźnień na stabilność modeli dynamicznych

Celem projektu jest analiza modeli, w których tempo zmian zależy również od stanu układu w przeszłości. Badany będzie wpływ długości opóźnienia na stabilność rozwiązania oraz możliwość pojawienia się oscylacji lub innych jakościowych zmian dynamiki. Rozważone zostaną przykłady pochodzące z biologii, teorii sterowania lub modeli procesów decyzyjnych.

16. Metody numeryczne dla równań z pamięcią

Projekt dotyczy konstrukcji i analizy metod numerycznych dla równań, w których aktualna dynamika zależy od całej historii rozwiązania. Badane będą własności zbieżności i stabilności opracowanych metod oraz ich koszt obliczeniowy. Jako zastosowania mogą posłużyć modele procesów biologicznych, degradacji materiałów lub układów wykazujących efekt pamięci.