

# UCZENIE MASZYNOWE ZE WZMOCNIENIEM W ZAGADNIENIACH PÓŁAKTYWNEGO STEROWANIA KONSTRUKCJAMI I ZDECENTRALIZOWANEGO TŁUMIENIA DRGAŃ: OPRACOWANIE NOWYCH ALGORYTMÓW I OCENA ICH EFEKTYWNOŚCI

*Gdy rozważamy istotę uczenia się, jako pierwsze pojawia się prawdopodobnie przeświadczenie, że uczy się poprzez interakcję z otoczeniem*  
/Sutton & Barto, 2020/

## Cel projektu

Celem projektu jest rozwój i weryfikacja *fundamentalnie nowego i dotychczas nierozpoznanego* podejścia do sterowania konstrukcjami:

- Opracowanie, adaptacja i zastosowanie algorytmów uczenia ze wzmocnieniem do zagadnień sterowania konstrukcjami.
- Analiza i optymalizacja ich efektywności i odporności w zadaniach półaktywnego, globalnego i zdecentralizowanego tłumienia drgań konstrukcji.
- Weryfikacja efektywności opracowanych metod w przykładach numerycznych i eksperymentalnych.

## Motywacja

Aktywne sterowanie konstrukcjami można skrótowo określić jako – potencjalnie niebezpieczne – *przeciwdziałanie siłami zewnętrznymi*. Intensywnie rozwijające się techniki sterowania półaktywnego polegają na fundamentalnie innej, zainspirowanej przyrodą idei *dynamicznej samo-adaptacji*: energooszczędnej adaptacji lokalnych własności konstrukcji. Techniki wykorzystywane podczas projektowania układów sterowania konstrukcjami są przeważająco klasyczne i analityczne. Są one sprawdzone i efektywne w zagadnieniach aktywnego sterowania konstrukcjami liniowymi. Znacznie trudniej jest je zastosować w wypadku sterowania półaktywnego. Wynika to z istoty półaktywnych aktuatorów, które są energooszczędne i często bezpieczne w razie awarii, ale trudne w efektywnym opisie metodami klasycznymi. Główną motywacją projektu jest potrzeba nowych, efektywnych i odpornych technik projektowania półaktywnego sterowania konstrukcjami.

Uczenie ze wzmocnieniem (RL), nurt uczenia maszynowego, polega na idei uczenia się poprzez bezpośrednią interakcję z otoczeniem. Zastosowanie technik RL umożliwiło ostatnio osiągnięcie niezwykłych wyników: począwszy od nadludzkiego poziomu gry w szachy i Go, poprzez wznoszenie termiczne szybowców i pływanie falowaniem ciała, aż po autonomiczną jazdę samochodów. Dwie cechy algorytmicznej struktury RL (poszukiwanie metodą prób i błędów oraz wykorzystanie opóźnionego wzmocnienia) sprawiają, że RL doskonale nadaje się do zastosowania w trudnych problemach sterowania konstrukcjami. Okazuje się jednak, że RL jest w tym obszarze w dużym stopniu ignorowany! Dotychczas opublikowano zaledwie kilka prac, które – choć pionierskie – są ograniczone i dotyczą sterowania aktywnego oraz relatywnie prostych konstrukcji lub architektur RL. Celem projektu jest wypełnienie tej luki.

## Planowane badania

Zamiast projektować algorytmy sterowania wprost, wykorzystamy techniki RL do autonomicznej nauki algorytmów metodą prób i błędów, poprzez wielokrotną interakcję z symulowanymi środowiskami wirtualnymi. Podstawowe narzędzia algorytmiczne zbudujemy zaczynając od prostych konstrukcji i celów sterowania. Następnie rozważymy zdecentralizowane sterowanie konstrukcjami modułarnymi i uogólnimy algorytmy w taki sposób, by były skuteczne w różnych geometrycznych konfiguracjach modułów oraz wykorzystywały czujniki jedynie ze swojego najbliższego otoczenia. Doprowadzi to do sterowanych konstrukcji modułarnych z modułami typu „plug-and-play”. Dalszym celem będzie opracowanie sterowania na tyle odpornego na błędy, by być stosowane do konstrukcji rzeczywistych. W trakcie badań dostosujemy, zaproponujemy i wykorzystamy szereg koncepcji: uczenie i sterowanie zespołowe, architekturę typu „actor-critic” itp. Efektywność algorytmów zostanie oceniona numerycznie i eksperymentalnie oraz porównana do wybranych algorytmów klasycznych.

## Najważniejsze spodziewane efekty

Drgania konstrukcji to problem powszechny. Projekt przyczyni się do powstania efektywnych, lekkich i bezpiecznych konstrukcji poprzez opracowanie odpornych algorytmów energooszczędnego sterowania półaktywnego. W szczególności opracujemy

- Nowe techniki RL uczące się odpornych algorytmów sterowania, stosowalnych globalnie i lokalnie do złożonych konstrukcji, w tym konstrukcji modułarnych.
- Nowe algorytmy półaktywnego sterowania konstrukcjami.
- Specyficzne techniki RL promujące uogólnione, odporne algorytmy sterowania (uczenie i sterowanie zespołowe).

Spodziewamy się osiągnąć wartościowe i oryginalne wyniki publikowalne w najlepszych światowych czasopismach naukowych w obszarze mechaniki konstrukcji, konstrukcji inteligentnych i sterowania konstrukcjami.