

## **Cel badań/Hipoteza**

Głównym zadaniem naukowym projektu jest opracowanie podstaw teoretycznych i narzędzi algorytmicznych dla efektywnego sterowania i identyfikacji z zastosowaniem adaptacyjnego uczenia maszynowego, w celu istotnego poprawienia jakości sterowania systemami wykonującymi powtarzalne operacje. Działania projektu skupiają się na rozszerzeniu paradygmatu sterowania z iteracyjnym uczeniem do sformalizowania zestawu odpowiednich schematów adaptacji oraz metod projektowania pozwalających na zwiększenie jakości działania systemów w reżimie powtarzających się czynności. Ponadto, zostanie szczegółowo zbadane podejście polegające na wyznaczeniu odpowiednich sygnałów w torach sprzężenia zwrotnego oraz uczenia adaptacyjnego na podstawie analizy zewnętrznych zakłóceń. Równolegle, kolejną kluczową kwestią będzie zbadanie współzależności pomiędzy procesem identyfikacji systemu, a osiąganymi wskaźnikami jakości sterowania. W szczególności, techniki sekwencyjnego planowania eksperymentu będą wprowadzone do procesu generowania sterowań, umożliwiając zbieranie danych pomiarowych, które zawierają najistotniejsze informacje dotyczące dynamiki obiektu/procesu. Jest to niezwykle ważne dla poprawnego śledzenia sygnałów szybkozmiennych i przyspieszenia zbieżności procesu uczenia.

## **Metoda badawcza**

Przeprowadzone badania metod sterowania opartych na zdolności samodzielnego uczenia się poprzez powtórzenia pokazują, że połączenie układu pętli sprzężenia zwrotnego w dziedzinie czasu i schematu uczenia się w kolejnych iteracjach bezpośrednio prowadzi do dwuwymiarowego/powtarzalnego systemu sterowania. Projekt wpisuje się w ten nurt badawczy, uwzględniając rozszerzenie zakresu analizy i dalszy rozwój dwuwymiarowej struktury sterowania dla układów opartych na schematach iteracyjnego uczenia. Podstawową zaletą tego podejścia jest właściwa koordynacja działania układu sprzężenia zwrotnego i schematu uczenia się. W rezultacie zapewniona jest stabilność procesu adaptacji i tłumienie niepowtarzalnych zakłóceń, a układ uczy się powtarzalnej składowej zakłóceń w celu jej eliminacji. Procedury projektowania pożądanych sterowników stabilizujących i uczących głównie wykorzystują metody częstotliwościowe oraz teorię sterowania odpornego do sformułowania standardowej struktury sterowania w warunkach niepewności modelu układu. W ten sposób, problem syntezy sterowników zostaje przekształcony do problemu istnienia rozwiązania dopuszczalnego układu liniowych nierówności macierzowych, który można efektywnie rozwiązać algorytmami programowania półokreślonego, stanowiąc bardzo atrakcyjne podejście w porównaniu z rozwiązaniami alternatywnymi. Ponadto, będą rozważane wzajemne zależności pomiędzy tymi wynikami i praktycznymi wymogami jakości sterowania opisywanych przez układ nierówności w pewnych zakresach częstotliwości. Skuteczne podejście do przewyżczenia tych ograniczeń zostanie opracowane z użyciem lematu Kalmana-Yakubowicza-Popova, będącego narzędziem do konwersji nierówności w dziedzinie częstotliwości do liniowych nierówności macierzowych.

Ponieważ priorytetem dla projektowania sterowań jest zbieranie informatywnych danych pomiarowych odpowiedzi badanego obiektu, cały proces zostanie wsparty sekwencyjnym planowaniem eksperymentu. Wprowadzenie efektywnych algorytmów harmonogramowania pomiarów opartych na technikach programowania wypukłego, a wywodzących się z optymalnego planowania eksperymentu, pozwoli na poprawę jakości identyfikacji modelu procesu, a w następstwie na dalsze ulepszenie procesów projektowania i sterowania.

## **Wpływ rezultatów**

Po zakończeniu przedłożonego projektu, oczekiwane rezultaty i ich wpływ to:

- Zbudowanie fundamentów podejścia do sterowania układami powtarzalnymi i możliwości uczenia się systemów poprzez integrację, w części lub w całości, istniejącej teorii sterowania powtarzalnego, układów powtarzalnych, iteracyjnego sterowania z uczeniem oraz iteracyjnych metod identyfikacji.
- Zestaw schematów uczenia się i metod projektowania, które mają na celu poprawę dokładności działania układów, ich wydajności oraz jakości produktów, a tym samym poprawiając jakość sterowania systemami powtarzalnymi. Pozwoli to na osiągnięcie wysokiej jakości wytwarzanych produktów i sterowania z wysoką dokładnością w obecności drgań i zakłóceń spowodowanych wpływem nieuniknionych czynników jak tarcie i luzy.
- Publikacje naukowe w czołowych międzynarodowych czasopismach i materiałach prestiżowych konferencji naukowych.
- Przynajmniej jedna praca doktorska napisana przez doktoranta, który będzie prowadził badania naukowe w ramach projektu oraz wszczęcie jednego postępowania habilitacyjnego opartego na rezultatach projektu.