

## C. STRESZCZENIE PROJEKTU

### 1. Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza

Celem projektu jest dalszy rozwój metod matematycznych i algorytmicznych analizy i syntezy układów sterowania przy użyciu i dla wyróżnionych klas układów wielowymiarowych (multidimensional - nD), procesami powtarzalnymi i, gdzie jest to możliwe, implementacja tych wyników do sterowania iteracyjnego z uczeniem (ILC). Duża uwaga zostanie przyłożona do weryfikacji eksperymentalnej uzyskanych wyników, co będzie stanowić podstawę do dalszych zastosowań a na obecnym etapie pozwoli je publikować w najwyższej klasy czasopismach i konferencjach naukowych w dziedzinie. Koncentrować się będziemy na układach opisywanych równaniami różniczkowymi lub różnicowymi normalnymi (ODE) lub/ oraz o pochodnych/przyrostach cząstkowych (partial differential/difference equations - PDE), dwu i trzech zmiennych, jak np. równania opisujące drgania prętów, strun i płyt lub membran w różnych zastosowaniach. Planuje się również rozwijać podobne metody dla układów złożonych przestrzennie, które wraz z poprzednimi mogą być rozpatrywane w formie układów 2D z naruszoną przyczynowością, szczególnie po zmiennych przestrzennych, a gdzie wymagana jest jedynie rekurencyjność. Podjęte będą również badania nad zastosowaniem metod stochastycznych w badaniu stabilności i stabilizacji układów procesów powtarzalnych i układów nD z nieliniowościami i zakłóceniami, co będzie uogólniane dla ILC. Rozwijane będą również różne uogólnienia procesów powtarzalnych i ILC jak np. układy z wieloma skalami czasu, dynamiczne, oraz dynamiczne „falowe” sterowniki procesów powtarzalnych oraz ILC.

### 2. Zastosowana metoda badawcza/metodyka

Metody badawcze będą wiązać się z metodyką układów nD, która ciągle się rozwija, ale jest w niej wiele otwartych, nierozwiązanych problemów, bardzo istotnych dla rozwoju teorii i zastosowań. Bardzo trudne są problemy wynikające z opisu układów równaniami o pochodnych lub przyrostach cząstkowych, czyli o parametrach rozłożonych. Podobnie jest dla tzw. systemów przestrzennie połączonych, gdzie wiele nawet identycznych podukładów tworzy różnego rodzaju struktury. Zastosowanie aparatu układów wielowymiarowych nD do obu tych klas wiąże się ciągle z wieloma problemami. Dyskretyzacja, stabilizacja i sterowanie takimi układami są niezwykle trudne. Główna trudność wiąże się ze stabilnością, a w zasadzie jej testami. Do tej pory nie ma prostych, stanowiących podstawę do budowy sterowników warunków koniecznych i dostatecznych. Istnieją tylko odpowiednie ku temu warunki wystarczające, bazujące na teorii Lapunowa, a w dziedzinie numerycznej na tzw. liniowych nierównościach macierzowych (Linear Matrix Inequality – LMI). Fakt, że warunki nie są koniecznymi powoduje zawsze pewną konserwatywność wyników. Stąd, ciągle jest aktualny kierunek badań, mających na celu zmniejszenie konserwatywności stosowanych warunków LMI. Sytuacja komplikuje się, gdy uwzględniane są szumy, różnego rodzaju zakłócenia, niepewności czy zmienność parametrów modelu, w tym problemy ze zmiennością długości próby/iteracji, nieliniowości występujące w rzeczywistym obiekcie, czy też możliwe uszkodzenia w układzie sterowania. W takich sytuacjach celem jest zaprojektowanie sterownika odpornego na ich wpływ. W tym celu, stosować się będzie m.in. metodykę Lapunowa - LMI z parametryzowanymi funkcjami Lapunowa. W celu usprawnienia sterowania procesami powtarzalnymi i w szczególności ILC, pracujących w warunkach rzeczywistych, rozwijane będą metody oparte na zapewnieniu tzw. gwarantowanego kosztu sterowania. Rozwijane będą także inne metody optymalizacji powiązane z metodami wyznaczania odpowiednich sterowników. Do badania układów z szumami stosowane będą metody rachunku prawdopodobieństwa powiązane z metodyką Lapunowa. Jedną z popularnych ostatnio metod badania układów nieliniowych jest badanie pasywności i rozpraszania energii (dissipativity), które będą uogólniane, razem z aparatem tzw. wektorowych funkcji Lapunowa. W wielu, często występujących sytuacjach praktycznych, układy zawierają części szybko i wolno-zmienne, jak np. część elektryczna i mechaniczna silnika elektrycznego. Jednym ze sposobów podejścia do tego problemu jest stosowanie dyskretyzacji z różnymi częstotliwościami próbkowania, co prowadzi do układów z wieloma skalami czasu.

### 3. Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki, cywilizacji, społeczeństwa

Planuje się, że uzyskane rezultaty będą stanowić kolejny krok w rozwoju i rozpropagowaniu dziedziny układów wielowymiarowych, procesów powtarzalnych i ILC oraz w opracowaniu metod i rozwiązań prowadzących do zastosowań w praktyce, a w przyszłości w przemyśle. Stąd duża uwaga będzie poświęcana na eksperymentalnej weryfikacji wyników w każdej sytuacji, kiedy będzie to możliwe. Projekt dotyczy jednak badań podstawowych, gdyż główna uwaga będzie skierowana na rozwiązanie problemów teoretycznych, występujących w sterowaniu układami rzeczywistymi. Badania będą prowadzone we współpracy z dotychczasowymi partnerami z Uniwersytetów w Southampton, Rostocku, Niżnym Nowgorodzie oraz Politechniki w Pradze, a także w WuXi (Chiny), co zapewni zarówno wysoki poziom merytoryczny uzyskanych wyników, jak i umożliwi ich implementację i testy w praktyce (finansowanie w projekcie, za wyjątkiem części kosztów wizyt związanych ze współpracą, dotyczyć będzie tylko strony polskiej).

Wyniki będą publikowane w pierwszoplanowych czasopismach, jak i konferencjach naukowych. Planowane jest także przygotowanie monografii naukowej w jednej z serii wydawnictwa Springer Verlag.