

Systemy nieliniowe są przedmiotem zainteresowania inżynierów, biologów, fizyków, matematyków i wielu innych naukowców, ponieważ większość systemów jest z natury nieliniowa. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują układy niedosterowane, gdyż ich pełne zrozumienie jest wciąż otwartym problemem naukowym. Z definicji, układy niedosterowane mają mniej wejść sterujących niż stopni swobody, co w ogólności komplikuje projektowanie układu i sprawia, że jego sterowanie jest zadaniem nietrywialnym.

Do tej pory zaproponowano wiele metod sterowania nieliniowymi układami niedosterowanymi, z których większość została jednak przestudiowana tylko dla wybranych aplikacji bądź podklasy systemów. Ze względu na elegancką konstrukcję i możliwość uogólnienia, różniczkowa płaskość zyskała duże zainteresowanie w projektowaniu układów regulacji nadążnej i planowaniu trajektorii dla nieliniowych układów sterowania. Jako różniczkową płaskość rozumie się taką własność systemu, która pozwala na dynamiczną linearyzację systemu, poprzez wyznaczenie tzw. płaskich wyjść. Wyjścia płaskie to takie funkcje zmiennych stanu i ewentualnie wejść układu, że zmienne stanu i trajektorie wejść mogą być sparametryzowane w funkcji płaskich wyjść i ich pochodnych. Niektóre problemy sterowania, takie jak planowanie optymalnych trajektorii czy stabilizacja w stanach równowagi są znacznie łatwiejsze do rozwiązania dla systemów płaskich niż dla niepłaskich. Niektóre problemy sterowania sformułowane we współrzędnych płaskich mogą być rozwiązane za pomocą lepiej poznanych metod liniowych.

Celem badań jest analiza możliwości zastosowania algorytmów sterowania opartych na różniczkowej płaskości dla grupy nieliniowych układów niedosterowanych. Pomimo dużej popularności tych metod w sterowaniu układów nieliniowych w pętli otwartej i zamkniętej, pewne fundamentalne pytania nie zostały dotychczas rozstrzygnięte i pozostają otwarte. Jednym z najbardziej elementarnych z nich jest sposób systematycznego obliczania płaskich wyjść. Z praktycznego punktu widzenia konstrukcja wyjść płaskich może być postrzegana jako problem rozmieszczenia czujników w celu osiągnięcia płaskości (dynamicznej linearyzacji) wynikowego układu wejście-wyjście. Jako alternatywę tego podejścia można rozważyć problem rozmieszczenia elementów wykonawczych w taki sposób, aby układ z danymi wcześniej wyjściami stał się płaski. To stosunkowo nowe pojęcie, wejść płaskich, może być ciekawym sposobem rozszerzenia zastosowania algorytmów opartych na różniczkowej płaskości na układy, które do tej pory były uważane za niepłaskie. W literaturze często pojawia się jednak argument, że takie podejście jest trudne do zaimplementowania w układach fizycznych, a jego rozwiązanie pozostaje problemem otwartym. Istotną częścią planowanych badań jest również opracowanie strategii sterowania opartych na różniczkowej płaskości z wykorzystaniem płaskich wyjść lub wejść oraz wytworzenie procedur wyboru odpowiedniego podejścia. Zamierza się wreszcie także przeanalizować skuteczność tego podejścia w projektowaniu regulatorów śledzących i planowania trajektorii dla nieliniowych układów sterowania w kontekście ich odporności. Ocena ta ma być poparta zarówno matematyczną analizą stabilności i odporności na niepewności i zakłócenia proponowanych rozwiązań, jak również ich weryfikacją za pomocą symulacji numerycznych oraz zaawansowanych eksperymentów laboratoryjnych z dziedziny robotyki, co stanowi najważniejszy planowany rezultat projektu.

Planuje się, że uzyskane wyniki będą stanowiły kolejny krok w rozwoju i upowszechnianiu metod sterowania układami niedosterowanymi opartymi na różniczkowej płaskości, jak również w rozwoju rozwiązań prowadzących do ich zastosowania w praktyce. Dlatego też, w miarę możliwości, duża uwaga będzie poświęcona eksperymentalnej weryfikacji wyników, co będzie stanowiło podstawę do dalszych zastosowań badawczych metod, a na obecnym etapie pozwoli na ich publikację w najwyższej klasy czasopismach i konferencjach naukowych z tej dziedziny.