

HAMILTONOWSKIE PODEJŚCIE DO EFEKTYWNEGO MODELOWANIA WIELKIEJ SKALI UKŁADÓW WIELOCZŁONOWYCH Z TARCIEM ORAZ DO OBLICZEŃ W CZASIE RZECZYWISTYM UKŁADÓW ROBOTYCZNYCH

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

W analizie, projektowaniu i optymalizacji różnorodnych obiektów mechanicznych istnieje często potrzeba automatycznego modelowania i badań dynamiki złożonych układów wieloczłonowych o dużej liczbie członów i dużej liczbie stopni swobody. W tej klasie systemów metody modelowania znajdują szerokie zastosowanie zarówno w obliczeniach inżynierskich, jak i w badaniach naukowych. Przedmiotem analiz stają się bowiem bardzo złożone układy mechaniczne i interdyscyplinarne, spotykane nierzadko w takich dziedzinach, jak: robotyka (dynamika manipulatorów), przemysł samochodowy (badanie podzespołów i całych pojazdów), kolejowy (m. in. zagadnienia bezpieczeństwa ruchu), obronny (np. projektowanie pojazdów gaśnicowych), lotnictwo (np. analiza obiektów i formacji obiektów bezzałogowych). Modele układów wieloczłonowych są często implementowane w wielu strategiach sterowania układami mechanicznymi, np. robotami. Pozwalają one przewidywać zachowania układu i wspomagają proces uzyskania pożądanej odpowiedzi. Naturalne zastosowania omawianych metod symulacyjnych można odnaleźć w robotyce kosmicznej i eksploracyjnej.

Analizy numeryczne złożonych i nieliniowych zjawisk, np. tarcia, które mogą występować w wymienionych przykładach, są bardzo kosztowne obliczeniowo, szczególnie w przypadku układów wielkiej skali. Przy zastosowaniu dostępnych obecnie metod jednoczesne spełnienie wymagań odnośnie efektywności i dokładności obliczeń jest w wielu przypadkach trudno osiągalne bądź niemożliwe. Najnowsze wyniki badań wskazują jednak, że zastosowanie formalizmu Hamiltona do opisu układów wieloczłonowych daje szansę na znaczne zwiększenie wydajności obliczeń i usunięcie niektórych barier związanych z czasem rzeczywistym. Ponadto wykorzystanie przeznaczonych do szybkich obliczeń komputerów równoległych, wyposażonych w procesory wielordzeniowe i macierze kart GPU, pozwala na analizowanie układów o znacznie większej złożoności – o liczbie stopni swobody sięgającej dziesiątek tysięcy (układy biomolekularne) lub nawet milionów (substancje sypkie).

Proponowany projekt podejmuje wyzwanie radykalnego przyspieszenia symulacji układów wieloczłonowych, przy zachowaniu dokładności odwzorowania towarzyszących ruchowi zjawisk fizycznych, takich jak np. tarcie. Cele realizowane w projekcie wymagają zastosowania wielu narzędzi formalnych (np. mechanika analityczna, teoria sterowania i optymalizacji, algebra liniowa), ale dotyczą również wielu aspektów dziedzin inżynierskich (np. dynamika maszyn, robotyka, trybologia). W projekcie zakłada się zastosowanie opisu dynamiki złożonych układów za pomocą podejścia hamiltonowskiego. Rozwijane metody pozwolą na wykorzystanie obliczeń na wielu procesorach. Badania dotyczące modelowania tarcia będą ukierunkowane na zaproponowanie modelu predestynowanego do obliczeń wielkoskalowych układów wieloczłonowych. Prace teoretyczne zostaną zweryfikowane i uzupełnione przez badania eksperymentalne, dotyczące wykorzystania nowych metod w obszarze zagadnień związanych ze sterowaniem i modelowaniem złożonych układów robotycznych.

Spodziewanym efektem projektu jest dostarczenie narzędzi umożliwiających wydajną i precyzyjną analizę układów wieloczłonowych średniej i wielkiej skali. Dla pewnych klas złożonych systemów, dla których takie analizy są obecnie niedostępne, możliwe stanie się modelowanie dynamiki w czasie rzeczywistym. Opracowane metody, oprócz typowych aplikacji w modelowaniu skomplikowanych obiektów technicznych, znajdują zastosowania w symulacjach hardware-in-the-loop, w technologiach wirtualnej rzeczywistości z zastosowaniem urządzeń haptycznych, a także w projektowaniu i testowaniu innowacyjnych strategii sterowania złożonymi układami robotycznymi.