

**STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
NA TEMAT: „Lie-algebraiczne algorytmy suboptymalnego planowanie ruchu  
układów nieholonomicznych w przestrzeni zadaniowej”**

Planowanie ruchu jest jednym z podstawowych zadań robotyki. Wraz z rozwojem robotyki mobilnej (roboty: kołowe, kosmiczne, na- i podwodne) wzrasta zapotrzebowanie na algorytmy planowania ruchu dla układów z ograniczeniami nieholonomicznymi. Układy te generują trudne zadania planowania ze względu na mniejszą liczbę sterowań niż wymiarowość przestrzeni konfiguracyjnej. W dysertacji postawiono i rozwiązano zadanie adaptacji metody Lie-algebraicznej do uwzględnienia funkcji wyjścia i planowania w przestrzeni zadaniowej. Praktyczność uwzględnienia tej funkcji, oprócz poszerzenia klasy rozwiązywanych zadań, wynika z naturalnej konieczności sprawdzania kolizyjności w środowiskach z przeszkodami, gdzie nie wszystkie współrzędne wektora konfiguracji są istotne.

Bazowa, Lie-algebraiczna metoda planowania ruchu jest metodą ogólnego przeznaczenia i w literaturze przedmiotu była rozważana jedynie w przestrzeni konfiguracyjnej. Posiada zaletę łatwości kontrolowania objętości manewru i kształtu planowanej trajektorii, dlatego też jest predysponowana do planowań w środowiskach kolizyjnych. Metoda wykorzystuje uogólnioną formułę Campbella-Bakera-Hausdorffa-Dynkina (gCBHD), której dokładne zbadanie było celem dodatkowym pracy. Oprócz określenia wpływu reprezentacji sterowań oraz parametrów początkowych na generowaną trajektorię, zaproponowano algorytm kombinatoryczny wyliczający pre-sterowania formuły gCBHD o złożoności liniowej, znacznie poprawiający algorytmy literaturowe o złożoności eksponencjalnej.

W pracy zdefiniowano obiekty i pojęcia związane z planowaniem ruchu w przestrzeni konfiguracyjnej by dostosować je do przestrzeni zadaniowej. Zdefiniowano pojęcie osobliwości układu z wyjściem, nie występujące dla układów nieholonomicznych w przestrzeni konfiguracyjnej oraz przeanalizowano źródła osobliwości. W ramach transformacji pojęć, przedstawiono także wygląd sfer nieholonomicznych w przestrzeni zadaniowej, które są wizualnym obrazem zróżnicowania trudności ruchu w różnych kierunkach w przestrzeni.

Osiągnięciem rozprawy jest zaprojektowanie autorskiego algorytmu oceny trudności konfiguracji pośredniej w przypadku wieloetapowego planowania ruchu metodą Lie-algebraiczną w przestrzeni zadaniowej. Ocena konfiguracji polegała na uwzględnieniu zarówno parametrów geometrycznych pól wektorowych, jak i ich przynależności do warstw różnicujących energetyczną efektywność ruchu. Na bazie zaprojektowanego algorytmu zaproponowano algorytm planowania ruchu w przestrzeni zadaniowej umożliwiające optymalizację kształtu planowanej trajektorii, jak również jej parametrów takich jak długość czy energia ruchu (sterowań). Zwieńczeniem pracy jest autorski algorytm pozwalający na planowanie ruchu w przestrzeni zadaniowej w środowisku kolizyjnym w którym podcele są generowane planerem geometrycznym.

Wszystkie zaproponowane w dysertacji algorytmy zaimplementowano w wolframowskiej Mathematicie i przetestowano na trzech modelach o dwóch wejściach, uwzględniających układy praktyczne i teoretyczne, nilpotentne i nie. Wyniki przedstawiono w formie tabelarycznej i graficznej, a na ich bazie wyciągnięto wnioski szczegółowe dotyczące zagadnień warunkujących efektywność algorytmów.

*Arkadiusz  
Mielczarek*