

Roboty mobilne oraz zrobotyzowane pojazdy użytkowe, będą odgrywać w najbliższej przyszłości coraz istotniejszą rolę w różnych gałęziach inteligentnego transportu i usług. Efektywność wykorzystania takich pojazdów będzie wiązać się z koniecznością zautomatyzowanej realizacji złożonych zadań ruchu wymagających zwinnych manewrów w środowisku kolizyjnym. Z codziennego doświadczenia wiemy, że ich realizacja jest bardzo trudna. Dlaczego zwalniamy jadąc samochodem w zatłoczonym środowisku? Dlaczego nie można zawrócić rowerem lub samochodem bez użycia biegu wstecznego na wąskiej drodze? Dlaczego tak trudno jest parkować na zatłoczonym parkingu? Dlaczego tak nieintuicyjne i absorbujące są manewry pojazdem przegubowym wyposażonym w przyczepy? Odpowiedź tkwi w więzach kinematycznych i innych dodatkowych ograniczeniach nałożonych na możliwy sposób realizacji ruchu, którym podlegają pojazdy kołowe o niepełnej mobilności. Więzy kinematyczne wynikają z przyjęcia założenia, zgodnie z którym pojazd w warunkach nominalnych musi poruszać się zgodnie z kierunkiem toczenia kół, tj. nie może zachodzić poślizg poprzeczny. Wskutek tego założenia tylko pewne *naturalne* kierunki ruchu są możliwe do realizacji w danej konfiguracji pojazdu. Dodatkowe ograniczenia dotyczą zmiennych konfiguracyjnych pojazdu, tj. jego dopuszczalnej pozycji i orientacji, wynikających z obecności przeszkód w przestrzeni roboczej, maksymalnych kątów skręcenia kół skrętnych skutkujących ograniczeniem maksymalnej krzywizny ruchu, a także maksymalnych dopuszczalnych kątów przegubowych gwarantujących uniknięcie kolizji poszczególnych segmentów pojazdu wieloczołowego. Jeżeli dołączymy do tego ograniczenia związane z sygnałami sterującymi, których amplituda musi zawsze być ograniczona, to zagadnienie realizacji ruchu pojazdów w warunkach wszystkich wspomnianych ograniczeń staje się zadaniem bardzo złożonym i nieintuicyjnym nawet dla doświadczonych kierowców.

Celem projektu jest matematyczna optymalizacja złożonych zadań ruchu w obecności ograniczeń zmiennych konfiguracyjnych i wejść sterujących dla pewnej podklasy kinematyk pojazdów o niepełnej mobilności, ze szczególnym uwzględnieniem kinematyki samochodowej/rowerowej oraz kinematyki pojazdów wyposażonych w dowolną liczbę przyczep jednoosiowych. Geometrię ruchu takich pojazdów można opisać modelem kinematyki przyjmującym postać silnie nieliniowego bezdryfowego wielowymiarowego równania różniczkowego pierwszego rzędu. Co prawda ogólna postać tych równań jest taka sama dla wszystkich rozważanych struktur kinematycznych, jednak ich postaci szczegółowe charakteryzują się istotnym wzrostem złożoności przy zwiększaniu liczby zmiennych opisujących konfigurację pojazdu. Dlatego w celu uproszczenia zagadnienia optymalizacji proponuje się wykorzystać podejście kaskadowe, w którym złożone struktury kinematyczne będą dekomponowane na prostsze powiązane ze sobą struktury generyczne. W ten sposób trudny wielowymiarowy problem planuje się rozwiązać w sposób modułowy. Optymalizacja zostanie przeprowadzona w ramach rozwijanej obecnie tzw. *algorytmicznej teorii sterowania* jako skutek ścisłego powiązania etapu specjalizowanego planowania ruchu (ang. *controller-driven planning*) z etapem realizacji ruchu w układzie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym. Dzięki zastosowaniu nakreślonej wyżej metodyki, przewiduje się, że rozwiązanie postawionego problemu badawczego umożliwi wgląd w strukturę geometryczną złożonych zadań ruchu definiowanych dla pojazdów kołowych i dostarczy algorytmicznych narzędzi pozwalających na zautomatyzowane wyznaczanie strategii realizacji tych zadań z gwarancją zachowania nałożonych ograniczeń również w rzeczywistych (nienominalnych) warunkach pracy pojazdów.

Realizacja projektu zakłada opracowanie, formalną analizę oraz symulacyjną weryfikację możliwych strategii ruchu dla różnych scenariuszy ruchu przy różnych wariantach nałożonych ograniczeń. Komplementarnym celem projektu jest doświadczalna walidacja opracowanych algorytmów na stanowisku laboratoryjnym wyposażonym w zrobotyzowany pojazd przegubowy z konfigurowalną liczbą i sposobem mocowania przyczep oraz z zewnętrznym systemem wizyjnym służącym do lokalizacji pojazdu w przestrzeni roboczej. Analiza wyników badań eksperymentalnych ma na celu weryfikację skuteczności opracowanych metod w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, gdzie należy wziąć pod uwagę takie kwestie jak niepewność modelowania, obecność zakłóceń pomiarowych oraz potencjalną możliwość naruszenia części założeń przyjętych na etapie analizy teoretycznej.

Opracowane algorytmy będą mogły być wykorzystane jako element układu sterująco-decyzyjnego robotów mobilnych lub jako składnik systemu ekspertowego zrobotyzowanych pojazdów użytkowych. Przewiduje się, że uzyskane wyniki będą przyczynkiem do rozszerzenia stosowalności proponowanego podejścia na przypadek innych systemów o podobnych własnościach modeli kinematycznych.