

Streszczenie

Praca dotyczy zastosowania modeli dynamiki w planowaniu ruchu samochodu autonomicznego. Modele takie powinny jednocześnie być efektywne numerycznie i możliwie dokładnie odwzorowywać rzeczywiste właściwości kinematyczne i dynamiczne pojazdu.

Dokonując analizy literatury wskazano założenia i uproszczenia przyjmowane w poszczególnych modelach dynamiki pojazdów. W literaturze brak jednak rozbudowanych porównań poszczególnych modeli. Ich uwzględnienie stanowiło element celu pracy.

Zadaniem pracy było: określenie kryteriów dla modeli mogących mieć zastosowanie w planowaniu ruchu samochodu autonomicznego, sformułowanie wybranych modeli z uwzględnieniem ich efektywności numerycznej i dokładności odwzorowania rzeczywistego ruchu pojazdu, walidacja i weryfikacja sformułowanych modeli, a następnie zastosowanie ich w zadaniu doboru bezpiecznej prędkości ruchu i realizacji trasy przejazdu.

Rozdziały 1 i 2 obejmują wprowadzenie do zagadnień związanych z samochodami autonomicznymi oraz przedstawiono badania literaturowe. Badania literaturowe obejmowały charakterystykę i przykłady zastosowania modeli dynamiki w zadaniach związanych z modelowaniem ruchu samochodu autonomicznego. W rozdziale 3 przedstawiono cel i zakres pracy.

W rozdziale 4 zamieszczono opis matematycznych modeli dynamiki pojazdu. Sformułowano 4 różne modele dynamiki pojazdu o 3, 5, 7 i 10 stopniach swobody. Starano się zmaksymalizować efektywność numeryczną modelu o 10 stopniach swobody poprzez sformułowanie analitycznych wzorów na wyrażenia występujące w równaniach ruchu. Modele o 5 i 7 DoF zaproponowano jako odpowiedź na wymagania stawiane modelom dynamiki ruchu pojazdu autonomicznego. Przedstawiono autorską aplikację Vehicle Dynamics, którą zastosowano w badaniach symulacyjnych.

W rozdziale 5 zawarto opis badań zmierzających do określenia wpływu warunków atmosferycznych na efektywność działania czujników pojazdu (na przykładzie lidaru). Zbudowano własne stanowisko badawcze, które umożliwiło symulowanie opadów deszczu o różnej intensywności. Przeprowadzone badania wskazują, że intensywne opady deszczu i śniegu powodują znaczne pogorszenie widoczności i powinny być uwzględnione podczas planowania ruchu samochodu autonomicznego. Wyniki tych eksperymentów były pomocne przy formułowaniu wymagań stawianych modelom dynamiki pojazdu i w badaniach symulacyjnych obejmujących wyznaczanie bezpiecznej prędkości jazdy.

Bv702001

W rozdziale 6 przedstawiono weryfikację i walidację sformułowanych modeli dynamiki ruchu. Weryfikację wykonano porównując wyniki modeli własnych z otrzymanymi przy zastosowaniu CarSim, który jest rozbudowanym programem umożliwiającym prowadzenie badań symulacyjnych pojazdów.

W rozdziale 7 dokonano porównania modeli pod kątem efektywności numerycznej i odwzorowania rzeczywistych warunków ruchu, również w sytuacji niesprzyjających warunków atmosferycznych. Na tej podstawie wybrano modele o 3 i 5 stopniach swobody do dalszych badań symulacyjnych.

Ważnym zadaniem było wyznaczenie kątów skrętu kół zapewniających realizację planowanego przejazdu, przy zastosowaniu algorytmów geometrycznych - rozdział 8. Znając punkty trasy, jej aproksymację przeprowadzono z użyciem funkcji sklepanych B_3 . Wykonano implementację i oceniono trzy algorytmy wyznaczania kątów skrętu kół opracowane na podstawie literatury oraz własny algorytm B3M.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski: Analityczne formuły na elementy macierzy mas M i wektora h w modelu o 10 stopniach swobody umożliwiają znaczące skrócenie czasu obliczeń. Modele o 3 i 5 stopniach swobody spełniają wymagania stawiane modelom dynamiki pojazdu autonomicznego ze względu na wysoką efektywność numeryczną. Należy jednak mieć na uwadze, że nie nadają się one do symulowania ekstremalnych manewrów. Weryfikacja i walidacja potwierdziły akceptowalną zgodność wyników według modeli własnych w odniesieniu do wyników opisanych w literaturze oraz uzyskanych z pakietu CarSim. Badania z zastosowaniem lidar wykazały, że deszcz i śnieg powodują znaczące ograniczenie widoczności. W analizowanym w pracy przypadku, wymusiło to konieczność zmniejszenia prędkości ruchu pojazdu. Zastosowana w pracy aproksymacja funkcjami sklepanymi B_3 umożliwiła prawidłowe odwzorowanie tras testowych. Zaproponowany w pracy autorski algorytm B3M cechuje się podobną dokładnością jak geometryczne algorytmy literaturowe, jednakże nie wymaga doboru stałych i może być z powodzeniem zastosowany w zadaniu realizacji trasy.

Wykonane w ramach pracy badania i analizy umożliwiły wytypowanie modeli spełniających kryteria określone dla samochodu autonomicznego. Zastosowanie wybranych modeli z użyciem autorskiego algorytmu wyznaczania kątów skrętu kół kierowanych (B3M) upoważnia do stwierdzenia, że cel pracy został osiągnięty.

Słowa kluczowe: *samochód autonomiczny, model dynamiki ruchu, planowanie ruchu samochodu autonomicznego, zadanie śledzenia ścieżki, sensory samochodu autonomicznego.*

Bv20200 RZ