

Načrtovanje gibanja visokoavtomatiziranih cestnih vozil po hibridnem pristopu z nelinearno optimizacijo in umetnimi nevronskimi mrežami

Ferenc Hegedűs¹ – Tamás Bécsi² – Szilárd Aradi² – Péter Gáspár³

¹ Robert Bosch, Madžarska

² Univerza za tehniko in ekonomijo v Budimpešti, Oddelek za upravljanje transportnih sistemov in vozil, Madžarska

³ Madžarska akademija znanosti, Raziskovalni institut za računalništvo in avtomatizacijo, Madžarska

V zadnjem desetletju je bilo zaradi vse večjega zanimanja za avtomatizacijo cestnega transporta razvitih mnogo algoritmov za načrtovanje gibanja cestnih vozil. Za dinamično izvedljivost načrtovanih trajektorij je treba upoštevati anholonomno dinamiko kolesnih vozil. Načrtovalniki trajektorij na osnovi nelinearne optimizacije dokazano izpolnjujejo to zahtevo, vendar na račun povečanja potrebnih računskih kapacitet, to pa ogroža uporabnost teh metod za realnočasovne aplikacije.

Cilj predstavljene raziskave je zasnovati metodo za načrtovanje gibanja avtonomnih cestnih vozil s podobnimi zmogljivostmi na področju dinamike kot pri načrtovalnikih na osnovi nelinearne optimizacije, ki pa ne bo obremenjena z računsko zahtevnostjo sprotne optimizacije.

Najprej je predstavljen načrtovalnik trajektorij na osnovi nelinearne optimizacije, ki zahtevane dinamične lastnosti zagotavlja z napovedovanjem gibanja vozila na podlagi točnega modela dinamike cestnega vozila. V predstavljenem pristopu so bile uporabljene tehnike nadzorovanega učenja umetne nevronske mreže (ANN) za pridobitev enakih izhodov kot pri predstavljenem načrtovalniku na osnovi nelinearne optimizacije. Ker se podatki za učenje ustvarijo v ločenem koraku, odpade problem računске zahtevnosti optimizacijskih metod. Naučena ANN se nato uporabi na tak način, da je vedno zagotovljena veljavnost njenih izhodov. Po eni strani lahko deluje kot generator začetnih vrednosti blizu optimalnim za optimizacijski proces, po drugi strani pa lahko v hibridnem pristopu tudi popolnoma nadomesti optimizacijsko zanko v kombinaciji s plastjo dinamike vozila originalnega načrtovalnika.

Zmogljivost pristopov na osnovi ANN je bila ovrednotena s simulacijami ob upoštevanju časa izvajanja, odstopanj stanj vozila in kriterija optimalnosti gibanja. Rezultati kažejo, da oba pristopa znatno skrajšata čas izvajanja, obenem pa se ohrani izvedljivost načrta gibanja. Drugi pristop je primeren tudi za realnočasovne aplikacije in trenutno potekajo priprave z dodatnimi simulacijami v priznanem paketu za dinamiko vozil CarMaker za uporabo v testnem vozilu.

Predstavljeno delo ima seveda tudi določene omejitve. Čeprav so se algoritmi dobro izkazali v simulacijah, jih bo treba preveriti še v realnih obratovalnih pogojih. V proces učenja ANN tudi še ni bilo vključeno izogibanje oviram in to je ena od možnih smeri za nadaljnje delo.

Uporaba ANN za naloge načrtovanja gibanja cestnih vozil je v literaturi zelo redka, kljub odličnim rezultatom ANN na področju prilagajanja in generalizacije. Novost predstavljene tehnike je tako v uporabi umetnih nevronskih mrež, ki so možna zamenjava za računsko zahtevne procese sprotne optimizacije in primerne za realnočasovne aplikacije, kakor tudi v nadzoru ANN s klasičnimi pristopi kot osnovi za validacijo.

Ključne besede: avtomatizirana vožnja, načrtovanje gibanja, načrtovanje trajektorij, vodenje vozila, nelinearna optimizacija, umetne nevronske mreže