

# Raziskava sistema vodenja zgibnih goseničnih vozil s sledenjem poti

Da Cui – Guoqiang Wang – Huanyu Zhao – Shuai Wang\*  
Univerza Jilin, Šola za strojništvo in letalsko tehniko, Kitajska

Zgibna gosenična vozila (ATV) so sestavljena iz dveh dvogoseničnih enot, ki sta povezani z zgibnim mehanizmom, uporabljajo pa se npr. v vojaški industriji, kmetijstvu in gozdarstvu. Kompleksna in nevarna delovna okolja zahtevajo uporabo avtonomnega sistema za navigacijo, ki zmanjšuje izpostavljenost ljudi tveganjem. Namen predstavljene študije je razvoj optimalnega sistema vodenja ATV s sledenjem poti.

Vodenje gibanja ATV je zaradi edinstvenih krmilnih mehanizmov kompleksen problem. Na voljo so različne metode vodenja, med njimi pa je najprimernejša proporcionalno-integrirno-diferencialna regulacija (PID), ki lahko stabilizira nelinearne sisteme in je bila dobro sprejeta zaradi preproste zgradbe, nezahtevnega projektiranja in cenovno ugodne izvedbe. S klasičnimi regulatorji PID pa je težko doseči optimalno zmogljivost vodenja nelinearnih in kompleksnih sistemov. Za doseganje želene zmogljivosti sledenja poti ter optimalne zmogljivosti vodenja je bil zato uporabljen PID-regulator v kombinaciji z mehko logiko.

Študija analizira zmogljivost krmiljenja ATV in vpeljuje dinamični model ATV. Na osnovi odmika od referenčne poti in odstopanja smernega kota vozila kot vhodnih spremenljivk ter odklonskega kota v točki tečaja in hitrosti pogonskih zobnikov kot izhodov regulatorja je bil razvit sistem vodenja ATV s sledenjem poti na osnovi algoritma vodenja, ki kombinira mehko logiko in PID.

Za preverjanje uspešnosti predlaganega sistema vodenja sta bila izvedena virtualna simulacija prototipa in eksperiment s fizičnim prototipom v dveh značilnih režimih vožnje ATV. Rezultati simulacij so pokazali, da je sistem vodenja ATV zmožen uspešnega sledenja poti, mehki PID pa zagotavlja hitrejši odziv in manjši prenihaj kot klasični PID-regulator. Zasluga za to gre sistemu mehke logike. Rezultati eksperimentov se ujemajo z rezultati simulacij in sledi sklep, da lahko predlagani regulator uspešno sledi referenčni trajektoriji.

V pričujoči študiji je predstavljen regulator, ki vozilom ATV omogoča sledenje referenčni poti. Zmogljivost regulatorja je bila ocenjena na podlagi rezultatov predhodne študije. Največji prenihaj je bil nastavljen na 20 %, čas umiritve  $t_s$  pa na  $10 \cdot e_{y,max}/v$ , kjer je  $e_{y,max}$  največji odklik in  $v$  želena hitrost. Preden bo samodejno vodenje vožnje ATV primerno za praktično uporabo, bo treba izboljšati njegovo zmogljivost, zato bodo prihodnje raziskave usmerjene v izboljševanje zmogljivosti regulatorja.

V študiji je predstavljen predlog novega sistema vodenja ATV za sledenje poti na podlagi algoritma, ki predstavlja kombinacijo mehke logike in PID. Podan je predlog matematičnega modela ATV in postavljen je model virtualnega prototipa ATV v paketu RecurDyn. Rezultati simulacije kažejo, da lahko ATV pod vodstvom mehkega PID-regulatorja uspešno sledi referenčni poti. Razvita je bila eksperimentalna platforma za preučevanje sistemov vodenja ATV s sledenjem poti na osnovi vizualne navigacije, ki omogoča testiranje njihove uspešnosti v praksi. Simulacije in fizična eksperimentalna platforma oblikujejo temelje za prihodnje aplikacije na področju samodejne navigacije ATV.

**Ključne besede:** zgibno gosenično vozilo, dinamično modeliranje, sledenje poti, mehki PID-regulator, kosimulacija, vizualna navigacija