

طراحی کنترل فازی برای کنترل ربات پاندول معکوس چرخ دار با استفاده از الگوریتم ژنتیک

فرید شیخ‌الاسلام

استادیار- دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده برق و کامپیوتر
sheikh@cc.iut.ac.ir

محمد کشمیری

دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مکانیک
mohammad.keshmiri@gmail.com

مهند کشمیری

استادیار- دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مکانیک
mehdik@cc.iut.ac.ir

این ربات برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ توسط Kazuo Yamafuji استاد دانشگاه توکیو ساخته و کنترل شد. در سال ۱۹۹۸ در مقاله‌ای عنوان "Fuzzy Control of Wheeled Inverted Pendulum using Genetic Algorithms" یک کنترل فازی برای این ربات طراحی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهنه‌سازی شده است [3]. در سال ۲۰۰۲، در آزمایشگاه الکترونیک فنرال سویس یک نمونه از این ربات به نام Joe "JOE: A Mobile, Inverted Pendulum" باشد. در مقاله‌ای با عنوان "Velocity and Position Control of a Wheeled Inverted Pendulum by Partial Feedback Linearization" با استفاده از مدلسازی نیوتونی این ربات و خطی سازی معادلات یک کنترل خطی برای سیستم طراحی شده است [4]. در سال‌های بعد نیز ربات‌های مشابه با Joe با نام nBot و Legway توسط David P. Anderson و Steven Hassenplug ساخته و راهاندازی شدند. در مقاله "Velocity and Position Control of a Wheeled Inverted Pendulum by Partial Feedback Linearization" با استفاده از روش لگرانژ مدلسازی سیستم را انجام داده و با استفاده از روش feedback linearization کنترلی برای این سیستم طراحی کرده است [5].

در این مقاله یک روش انتخاب قوانین با استفاده از الگوریتم ژنتیک بیان می‌شود. در این روش ابتدا با استفاده از تجربه بدست آمده از رفتار سیستم در طراحی کنترل خطی، ورودی‌ها و خروجی‌ها و متغیرهای زبانی مناسب را انتخاب کرده و سپس قوانین فازی مورد نیاز جهت کنترل و پایدارسازی سیستم را با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست می‌آوریم. در فصل دوم ابتدا مدلسازی دینامیکی سیستم را با استفاده از روش تحلیلی لگرانژ بیان می‌کنیم. در فصل طراحی کنترل به نحوه انتخاب متغیرهای زبانی مناسب برای کنترل را بیان می‌کنیم. در فصل بعد به چگونگی استخراج و بهینه‌سازی قوانین فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌پردازیم. در پایان نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی سیستم در نرم‌افزار Simulink آورده شده است.

مدلسازی دینامیکی سیستم

ربات پاندول معکوس چرخ دار در عمل یک گاری است که بر روی دو چرخ قرار دارد و چرخها نیز بر روی یک محور در طرفین گاری قرار دارند. یک میله به صورت عمودی به گاری محکم شده است که نقش آونگ را بازی می‌کند و موجب ناپایداری سیستم می‌شود. هر یک از چرخها به یک موتور DC متصل است و می‌توان چرخها را به طور مستقل کنترل کرد. شماتیک مکانیزم، در شکل (۱) نشان داده شده است. این سیستم دارای ۳ درجه آزادی است، دوران حول محور z ، محور چرخها، حرکت در راستای محور x و دوران حول محور z و محور قائم (شکل ۱).

چکیده

در این مقاله به بررسی دینامیک و کنترل یک پاندول معکوس چرخ دار (Wheeled Inverted Pendulum - WIP) معکوس الگوبرداری شده است می‌پردازیم. این ربات امروزه به عنوان یک وسیله نقلیه نیز استفاده می‌شود، و کنترل و پایداری آن بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل دینامیکی ربات با استفاده از مکانیک لگرانژی انجام گرفته و معادلات غیر خطی حاکم بر سیستم به منظور استفاده در طراحی سیستم کنترل کننده، خطی شده‌اند. کنترل کننده سیستم با جداسازی کانال‌های حرکتی و به صورت کنترل دو سیستم SISO و SIMO طراحی شده است. این کنترل کننده که از نوع کنترل کننده فازی مددانی است، قوانین آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه شده‌اند. عملکرد سیستم با استفاده از شبیه‌سازی عددی در نرم‌افزار Simulink بررسی شده است.

کلمات کلیدی: پاندول معکوس چرخ دار، سیستم‌های ناپایدار، کنترل کننده فازی، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

کنترل فازی یک کنترل مناسب برای کنترل ربات‌های سیار می‌باشد که مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است [1]. همچنین از کنترل‌های فازی به عنوان کنترل سیستم‌های ناپایدار جهت بهبود عملکرد سیستم نسبت به کنترل‌های دیگر نیز بهره برده‌اند [2]. طراحی کنترل فازی معمولاً با استفاده از دانش بالایی که شخص نسبت به سیستم دارد انجام می‌گیرد. به طور مثال انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های کنترل، تعداد متغیرهای زبانی، انتخاب توابع عضویت مناسب و ایجاد قوانین فازی مناسب، همه با اینکه با علم به رفتار سیستم صورت می‌پذیرد. این روش نیاز به تجربه و دانش کافی نسبت به سیستم دارد و کار مشکل و زمان بری می‌باشد. در صورت عدم وجود دانش کافی نسبت به رفتار سیستم، این روش عملیاً غیر ممکن می‌باشد. برای حل این مشکل از تکنیک‌های یادگیری اتوماتیک مانند الگوریتم‌های تکاملی جهت طراحی این کنترل‌ها می‌توان استفاده کرد. به عنوان مثال می‌توان به الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی می‌توان اشاره کرد [1].

ربات پاندول معکوس چرخ دار به عنوان یک ربات سیار و همچنین ذاتاً ناپایدار می‌تواند نمونه مناسبی برای بررسی عملکرد کنترل فازی بر روی اینکونه سیستم‌ها باشد.