

طراحی کنترلر PID با مشتقات کسری با الگوریتم‌های بهینه‌سازی PSO و DIRECT

راضیه السادات سالاری^۱، یونس علیزاده^۲، علی کمالی^۳، ناصرالدین سپهری^۴، وحید فرتاش‌وند^۵

^۱ ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، razieh.salari@gmail.com

^۲ ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، alizadeh@aut.ac.ir

^۳ ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، alikamalie@aut.ac.ir

^۴ ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، naser.sepehry@gmail.com

^۵ ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، fartashvand@aut.ac.ir

چکیده

کنترلر PID با مرتبه کسری (FOPID) تعمیم یافته کنترلر PID می‌باشد که در مقایسه با کنترلر PID، به دلیل وجود آزادی عمل در دو متغیر مرتبه مشتق کسری و انتگرال‌گیری، برای مدلسازی و کنترل سیستم‌های با مرتبه کسری و مرتبه صحیح با دقت بسیار بالا استفاده می‌شود. در این مقاله، کنترلر تناسبی، انتگرالی، مشتقی با مشتقات مرتبه کسری (FOPID)، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و نیز الگوریتم تقسیم مستطیل (DIRECT) طراحی شده است. طراحی کنترلر بر اساس مکان هندسی قطب‌های غالب حلقه بسته صورت گرفته است. برای یافتن مقادیر بهینه پارامترهای کنترلر، معادله مشخصه مینیمم شده است. بر اساس نتایج حاصل، این کنترلر نسبت به کنترلر تناسبی، انتگرالی، مشتقی با مرتبه صحیح (PID)، عملکرد بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی

الگوریتم DIRECT، الگوریتم بهینه‌سازی PSO، کنترلر PID، مشتقات کسری.

مقدمه

بررسی سیستم‌هایی با مشتقات کسری به تازگی مورد توجه محققین قرار گرفته است؛ زیرا تئوری‌های کلاسیک مکانیک در بعضی موارد دچار مشکل می‌شوند و استفاده از سیستم‌هایی با مشتقات کسری می‌تواند بر این مشکلات غلبه نماید. مدل‌سازی با مشتقات کسری در بسیاری از سیستم‌های زمانی مکانیک جامدات از قبیل دمپرهای ویسکوز، آکوستیک، ربات‌ها و تئوری کنترل سیستم‌های دینامیکی کاربرد دارد [۱]. به عنوان مثال، در مدل‌سازی میرایی در بسیاری از مواد مانند تفلون‌ها و پلیمرها، تئوری کلاسیک مکانیکی برای این میرایی به دلیل موضعی بودن این تئوری با شکست مواجه می‌شود. برای بهبود این میرایی از تئوری مشتقات کسری استفاده می‌شود که

بدلیل کلی بودن آن، پاسخگوی مدل‌سازی این گونه مواد می‌باشد [۲]. همچنین در مکانیک سیالات معادله بقای جرم کسری در مدل‌سازی جریان سیال، زمانی که حجم کنترل در مقایسه با مقیاس همسانی بزرگ نباشد و جریان داخل حجم کنترل غیرخطی باشد، کاربرد دارد [۳].

کنترلرهای موجود نظیر کنترلر PID دارای مشتقات معمولی می‌باشند؛ بنابراین برای کنترل یک سیستم با مشتقات کسری معمولاً سیستم را به یک سیستم با مشتقات معمولی تبدیل می‌کنند، ولی این کار دارای خطای زیادی است. بنابراین برای این سیستم‌ها طراحی یک کنترلر FOPID^۲ مورد نیاز می‌باشد. یک FOPID می‌تواند برای سیستم‌های معمولی نیز به کار برده شود و نتایج نشان می‌دهد که نسبت به PID معمولی جهت کنترل سیستم دارای دقت بهتری می‌باشد [۴].

ایده طراحی کنترلر مرتبه کسری در ابتدا توسط استالوپ [۵] بیان شد. او یک طرح کنترل مرتبه کسری قوی به نام CRONE^۳ معرفی نمود و مزایای آن را در مقایسه با کنترلر PID نشان داد. پس از آن توسط اکستل و بیس [۶]، باگلی و کالیکو [۷]، کالوینو و دیمیترو [۸]، مکراوگلو و همکارانش [۹] تلاش‌هایی صورت گرفت، ولی مطالعه در حوزه زمان را پادلونینی [۱۰] آغاز نمود. پتراس [۱۱]، روش مبتنی بر توزیع قطب معادله مشخصه در صفحه مختلط، ویناگره و همکارانش [۱۲] روش حوزه فرکانس مبتنی بر فرکانس تقاطع و حاشیه فاز، درکاک و همکارانش [۱۳] روش فضای حالت بر اساس مکان قطب بازخورد برای طراحی FOPID را پیشنهاد نمودند. منجه و همکارانش [۱۴] روش بهینه‌سازی برای تنظیم پارامترهای FOPID و والریو [۱۵] ارائه قوانین تنظیم زیگلر نیکولز برای FOPID، زمانی [۱۶] تنظیم پارامترهای FOPID با استفاده از PSO را ارائه نمودند و پس از آن کنترلرهای متعددی برای سیستم‌های مختلف با این روش طراحی گردیده است.

در مقاله حاضر، طراحی کنترلر بر اساس مکان هندسی قطب‌های غالب حلقه بسته صورت گرفته است. به این صورت که بر اساس

³ Commande Robuste d'Ordre Non-Entier

¹ Proportional-Integral-Derivative

² Fractional Order PID