

## کنترل دو سطحی بازوی سه درجه آزادی گردشی جهت تعقیب مسیر جسم با حرکت تصادفی در فضا

نعیمه توکلی

فارغ التحصیل - دانشگاه شهید چمران اهواز  
[naieme.tavakoli@gmail.com](mailto:naieme.tavakoli@gmail.com)

سمیرا خادم‌القرآنی

دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی اصفهان  
[sama\\_iut@email.com](mailto:sama_iut@email.com)

مهدی کشمیری

استادیار - دانشگاه صنعتی اصفهان  
[mehdik@cc.iut.ac.ir](mailto:mehdik@cc.iut.ac.ir)

### چکیده

در این مقاله طراحی یک کنترلر دو سطحی به منظور تعقیب مسیر جسم متحرک و پیش بینی مسیر در زمانهای مختلف بررسی می‌شود. در این روش با استفاده از اطلاعات دریافتی از سنسور آلتراسونیک و دوربین به صورت همزمان، مسیر حرکت مرجع تولید می‌شود. این کنترل کننده برای یک ربات گیرنده که در مرحله طراحی و ساخت است، طراحی شده است. پیش‌بینی حرکت پرتابه به مراتب امکانپذیرتر و راحتتر از حرکت نامشخص برای جسم متحرک است. در مورد جسم متحرک کمبودهای سیستم را الگوریتم پیش‌بینی بطور کامل پوشش نمی‌دهد. لذا در این تحقیق با تقویت سیستم کنترل سرعت عملکرد ربات جبران می‌شود. در این مقاله ضمن اشاره مختصری به روند طراحی ربات مذکور، جزئیات ساختاری این کنترل کننده و عملکرد آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. از جمله موارد کاربرد این تحقیق می‌توان به شناخت روش حرکتی انسان در ردیابی و گرفتن یک شیء متحرک، اشاره کرد که می‌تواند مبنای بهینه‌سازی ربات قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** ربات گیرنده، طراحی مسیر، الگوریتم تعقیب و پیش‌بینی، کنترلر دوسطحی

### مقدمه

تعقیب و گرفتن یک جسم با حرکت کاملاً تصادفی توسط یک بازو نیازمند سیستم‌های ردیابی، شناسایی، تصمیم‌گیری و کنترل می‌باشد که ردیابی و شناسایی نوعاً توسط سیستم پردازش تصویر، و تصمیم‌گیری و کنترل به صورت نرم‌افزاری انجام می‌گیرند. رباتهای گیرنده<sup>۱</sup> به دو دسته کلی رباتهای گیرنده جسم متحرک با حرکت تصادفی و رباتهای گیرنده پرتابه، قابل تقسیم‌اند. اما در هر دو نوع داشتن سیستم سریع و هماهنگ در نتیجه موفقیت‌آمیز، حائز اهمیت است. از آنجاکه در اغلب سیستمها چنین قابلیت، هزینه‌بر و کمیاب است، محققان سعی می‌کنند، معایب سیستمی را با تقویت بخشهای دیگر جبران کنند. برای مثال ربات گیرنده پرتابه با داشتن الگوریتم پیش‌بینی قوی، می‌تواند کمبودهای سیستم را پوشش دهد، زیرا پرتابه دارای حرکت قابل پیش‌بینی است. درحالیکه در مورد جسم متحرک با حرکت تصادفی، امکان پیش‌بینی در بعضی مواقع وجود

دارد که اگرچه مؤثر است اما کافی نیست، لذا در چنین مواقعی، به تقویت سیستم کنترل ربات می‌پردازیم.

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه رباتهای گیرنده انجام شده‌است. در سال ۲۰۰۰، مؤسسه رباتیک و مکاترونیک هوافضای آلمان، توسط یک گروه شش نفری یک ربات هفت درجه آزادی مفصلی ساخت که با استفاده از دو دوربین ثابت توپ را تعقیب و داخل تور متصل به انتهای بازو هدایت می‌کرد. در این روش، ابتدا توپ توسط دوربینهایی با گستره دید بالا دیده می‌شوند و عکسبرداری آغاز می‌شود، هر عکس با یکسری عکس مرجع مقایسه می‌شود، سپس مکان هدف با کاربرد EKF (فیلتر کالمن بسط داده شده) تعقیب و پیش‌بینی می‌شود و در نهایت کالیبراسیون با انجام واقعی چند پرتاب معدود و مشاهده مسیر آنها انجام می‌شود. این سیستم ۶۵ درصد پرتابها را بصورت موفقیت آمیز می‌گیرد [۱].

در مرجع [۲]، سیستم ردگیری و هدایت ربات پرتابه‌گیر، پارامترهای مسیر غیرخطی را به کمک پردازش تصویر با بکارگیری دو دوربین محاسبه می‌نماید.

در سال ۲۰۰۳ در دانشگاه توکیو ژاپن، گروهی از محققان یک بازوی شش درجه آزادی را در دو مرحله توسعه دادند که در فاز اول حرکت تصادفی یک توپ را ردیابی می‌کرد و در فاز دوم مسیر حرکت پرتابه را تعقیب و آنرا دریافت می‌نمود.

در این روش با استفاده از اطلاعات دریافتی از دو دوربین به صورت برخط و با سرعت بالا الگوریتم ردگیری و هدایت مبتنی بر حل معادلات غیرخطی حاصل از قیود سینماتیکی و دینامیکی استخراج می‌گردند [۳ و ۴]. محققان این مقاله تحقیق مشابهی در سال ۲۰۰۳ در زمینه دریافت توپ به کمک ردگیری مناسب انجام داده‌اند [۵].

در تحقیقات گذشته، معمولاً از دو دوربین برای ردیابی موقعیت جسم استفاده شده‌است [۶]. که منجر به افزایش حجم محاسبات می‌شود و به سیستم پردازشگر سریعتری نیاز است. در تحقیق حاضر، از روشی متفاوت برای تعیین موقعیت جسم استفاده شده‌است. در این روش یک سنسور فاصله‌سنج و یک دوربین بکار گرفته شده‌است.

### ساختار بازوی مکانیکی و شبیه‌سازی‌های سینماتیکی و دینامیکی آن

بازوی مکانیکی مورد مطالعه یک ربات فضایی سه درجه آزادی است که پایه آن حول محور قائم دوران داشته و دو میله انتهایی حرکت دورانی