



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده‌ی مهندسی هوافضا

پروژه کارشناسی
مهندسی کنترل

عنوان:

کنترل وضعیت سه درجه آزادی استند چهارپره به روش کنترل‌کننده مربعی خطی مبتنی بر بازی دیفرانسیلی

نگارش:

علی بنی اسد

استاد راهنما:

دکتر نوبهاری

شهریور ۱۴۰۰

سلام الغفران

سپاس

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر نوبهاری که با کمک‌ها و راهنمایی‌های بی‌دریغشان، بنده را در انجام این پروژه یاری داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

چکیده

در این پژوهش از یک روش مبتنی بر تئوری بازی^۱ استفاده شده است. در این روش سیستم و اغتشاش دو بازیکن اصلی در نظر گرفته شده است. هر یک از دو بازیکن سعی می‌کنند امتیاز خود را با کمترین هزینه افزایش دهند که در اینجا، وضعیت استند امتیاز بازیکن‌ها در نظر گرفته شده است. در این روش انتخاب حرکت با استفاده از تعادل نش^۲ که هدف آن کم کردن تابع هزینه با فرض بدترین حرکت دیگر بازیکن است، انجام می‌شود. این روش نسبت به اغتشاش خارجی و نویز سنسور مقاوم است. همچنین نسبت به عدم قطعیت مدل‌سازی نیز از مقاومت مناسبی برخوردار است. از روش ارائه شده برای کنترل یک استند سه درجه آزادی چهارپره که به نوعی یک آونگ معکوس نیز هست، استفاده شده است. عملکرد این روش با اجرای شبیه‌سازی‌های مختلف مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. همچنین، عملکرد آن در حضور نویز و اغتشاش و عدم قطعیت مدل از طریق شبیه‌سازی ارزیابی خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: چهارپره، بازی دیفرانسیلی، تئوری بازی، تعادل نش، استند سه درجه آزادی، شبیه‌سازی، تابع هزینه

¹Game Theory

²Nash Equilibrium

فهرست مطالب

۲	۱-۰-۰ تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش
۵	۱-۰ شبیه سازی استند سه درجه آزادی در حضور کنترل کننده
۶	۱-۱-۰ شبیه سازی کانال رول استند در حضور کنترل کننده LQR
۷	۲-۱-۰ شبیه سازی کانال رول استند در حضور کنترل کننده LQDG
۸	۳-۱-۰ شبیه سازی کانال رول استند در حضور کنترل کننده LQIDG
۹	۴-۱-۰ شبیه سازی کانال رول-پیچ استند در حضور کنترل کننده LQIDG
۱۰	۵-۱-۰ شبیه سازی سه درجه آزادی استند در حضور کنترل کننده LQIDG

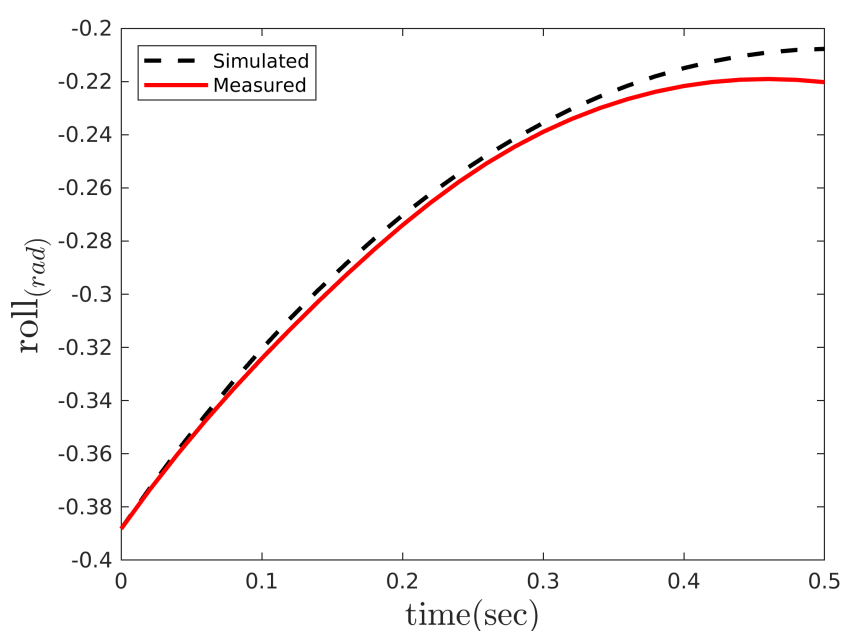
فهرست شکل‌ها

۱	مقایسه وضعیت استند در آزمایش اول و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال
۲	رول موتور خاموش
۲	مقایسه وضعیت استند در آزمایش دوم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال
۳	رول موتور خاموش
۳	مقایسه وضعیت استند در آزمایش سوم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال
۳	رول موتور خاموش
۴	مقایسه وضعیت استند در آزمایش چهارم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال
۴	رول موتور خاموش
۵	عملکرد LQR در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)
۶	عملکرد LQDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)
۷	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)
۸	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول و پیچ (تعقیب ورودی صفر)
۹	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)
۱۰	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه پیچ (تعقیب ورودی صفر)
۱۱	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه یاو (تعقیب ورودی صفر)

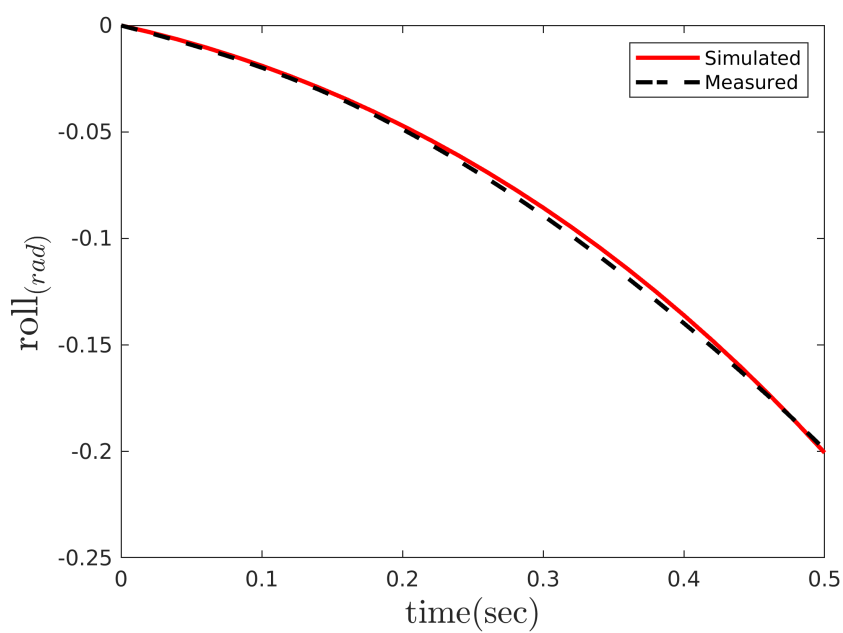
فهرست جدول‌ها

۱-۰-۰ تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش

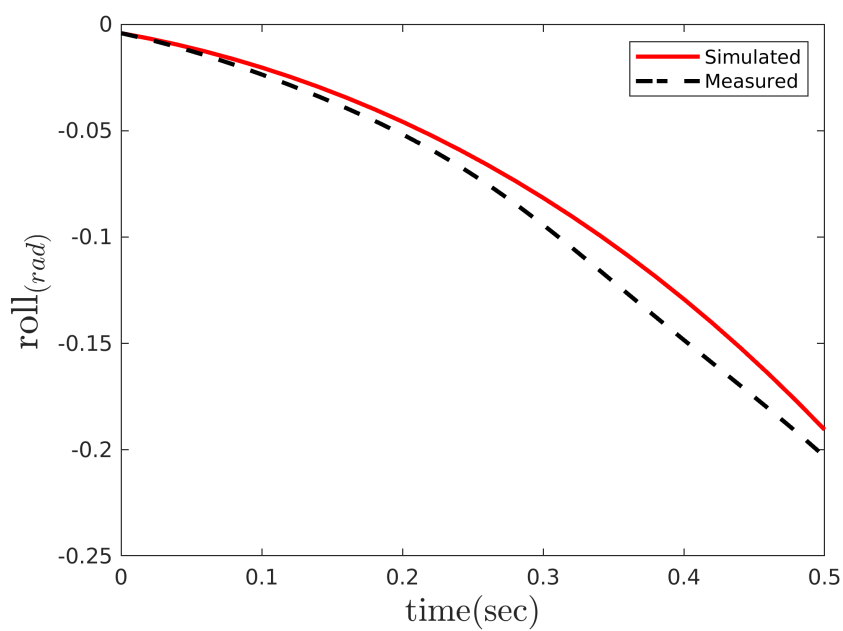
برای اصلاح پارامترهای رول چندین آزمایش انجام شد و با استفاده از داده‌های ثبت شده از وضعیت استند در کانال رول و جعبه‌ابزار Parameter Estimator، پارامترهای کانال رول اصلاح شدند. برای انجام آزمایش استند از شرایط اولیه مختلف با موتور خاموش رها شد و از خروجی سنسور داده برداری شد. سپس، مدل و داده‌های ثبت شده‌ی سنسور (وضعیت استند در کانال رول) به جعبه‌ابزار Parameter Estimator داده شد. وضعیت کانال رول استند در شبیه‌سازی و واقعیت بعد از اصلاح پارامترهای کانال رول در شکل‌های ۱، ۱، ۳ و ۴ مقایسه شده است.



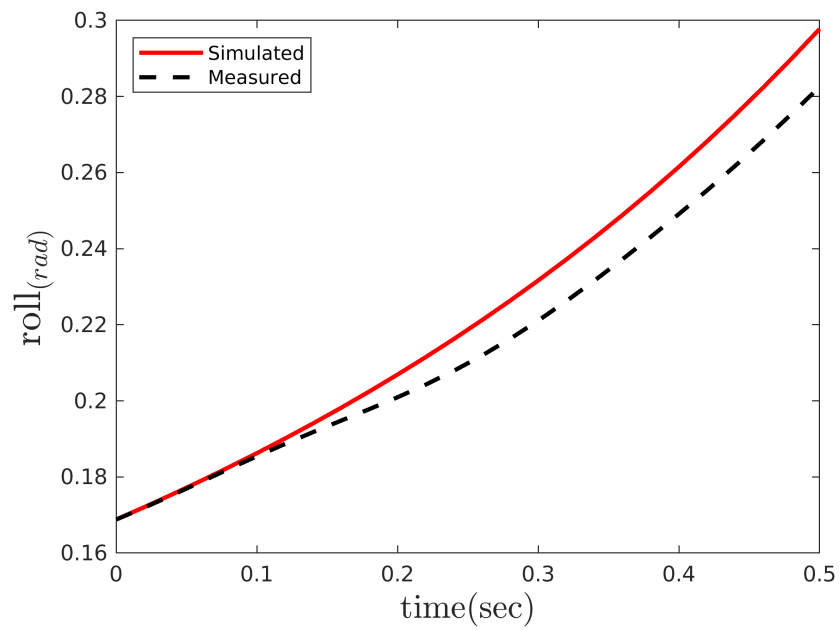
شکل ۱: مقایسه وضعیت استند در آزمایش اول و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش



شکل ۲: مقایسه وضعیت استند در آزمایش دوم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش



شکل ۳: مقایسه وضعیت استند در آزمایش سوم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش



شکل ۴: مقایسه وضعیت استند در آزمایش چهارم و شبیه‌سازی، پس از تخمین پارامترهای کانال رول موتور خاموش

مراجع

- [1] A. Karimi, H. Nobahari, and P. Siarry. Continuous ant colony system and tabu search algorithms hybridized for global minimization of continuous multi-minima functions. *Computational Optimization and Applications*, 45(3):639–661, Apr 2010.



Sharif University of Technology
Department of Aerospace Engineering

Bachelor Thesis

LQDG Controller for 3DOF Quadcopter Stand

By:

Ali BaniAsad

Supervisor:

Dr. Nobahari

August 2021