



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



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

۱-۰	شبيه‌سازى استند سه درجه آزادى در محيط سيمولينك	۲
۲-۰	شبيه‌سازى كانال‌هاى مختلف استند سه درجه آزادى در محيط سيمولينك	۴
۱-۲-۰	شبيه‌سازى كانال رول در محيط سيمولينك	۴
۲-۲-۰	شبيه‌سازى كانال پيچ در محيط سيمولينك	۵
۳-۲-۰	شبيه‌سازى كانال ياو در محيط سيمولينك	۷
۴-۲-۰	شبيه‌سازى كانال رول-پيچ در محيط سيمولينك	۸
۳-۰	شبيه‌سازى استند سه درجه آزادى در حضور كنترل‌كننده	۱۰
۱-۳-۰	شبيه‌سازى كانال رول استند در حضور كنترل‌كننده LQR	۱۱
۲-۳-۰	شبيه‌سازى كانال رول استند در حضور كنترل‌كننده LQDG	۱۲
۳-۳-۰	شبيه‌سازى كانال رول استند در حضور كنترل‌كننده LQIDG	۱۳
۴-۳-۰	شبيه‌سازى كانال رول-پيچ استند در حضور كنترل‌كننده LQIDG	۱۴
۵-۳-۰	شبيه‌سازى سه درجه آزادى استند در حضور كنترل‌كننده LQIDG	۱۵

فهرست شکل‌ها

۱	مدل استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌های مدل .	۲
۲	مدل استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌های مدل .	۲
۳	نمایی از داخل بلوک Quad System	۳
۴	مدل کانال رول استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۴
۵	مدل کانال رول استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۴
۶	نمایی از داخل بلوک Quad System	۵
۷	مدل کانال رول استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۵
۸	مدل کانال رول استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۶
۹	نمایی از داخل بلوک Quad System	۶
۱۰	مدل کانال رول استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۷
۱۱	مدل کانال یاو استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۷
۱۲	نمایی از داخل بلوک Quad System	۸
۱۳	مدل کانال رول-پیچ استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۸
۱۴	مدل کانال رول-پیچ استند چهارپره شبیه‌سازی شده در سیمولینک و نمایش ورودی و خروجی‌ها	۹
۱۵	نمایی از داخل بلوک Quad System	۹

۱۶	عملکرد LQR در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)	۱۱
۱۷	عملکرد LQDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)	۱۲
۱۸	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)	۱۳
۱۹	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول و پیچ (تعقیب ورودی صفر)	۱۴
۲۰	عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)	۱۵

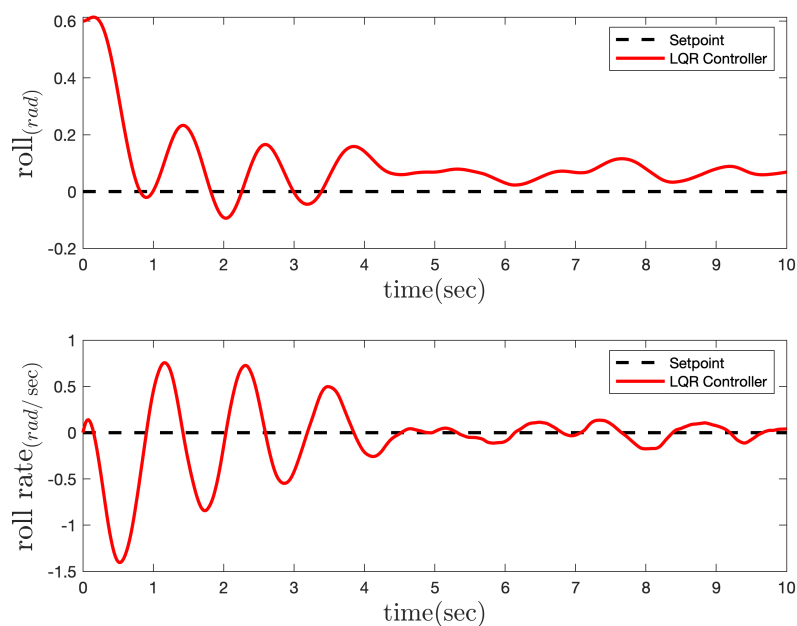
فهرست جدول‌ها

۱-۵ شبیه‌سازی استند سه درجه آزادی در حضور کنترل‌کننده

در بخش ؟؟ و ؟؟ کنترل‌کننده خطی مبتنی بر بازی دیفرانسیلی در حالت حلقه‌باز و حلقه‌بسته معرفی شد. در این بخش ابتدا کنترل‌کننده LQR و سپس کنترل‌کننده‌های LQDG و LQIDG شبیه‌سازی می‌شوند.

۱-۱-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند در حضور کنترل‌کننده LQR

در بخش ۱-۲-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند چهارپره انجام شد. در این بخش به بررسی عملکرد چهارپره در حضور کنترل‌کننده LQR پرداخته می‌شود. در شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی ضرایب وزنی از روش TCACS [۱] استفاده شده است.

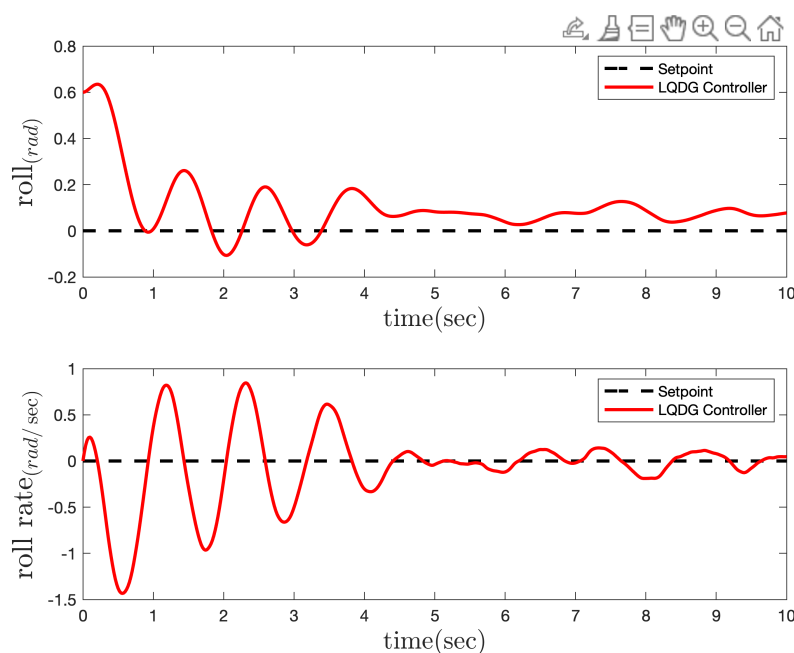


شکل ۱: عملکرد LQR در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)

بر اساس خروجی شبیه‌سازی (شکل ۱-۳-۰)، کانال رول در حضور کنترل‌کننده LQR در حدود پنج ثانیه به تعادل می‌رسد اما دارای خطای ماندگار است.

۲-۱-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند در حضور کنترل‌کننده LQDG

در بخش ۱-۲-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند چهارپره انجام شد. در این بخش به بررسی عملکرد چهارپره در حضور کنترل‌کننده LQDG پرداخته می‌شود. کنترل‌کننده LQDG در بخش‌های ?? و ?? بررسی شده است. در شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی ضرایب وزنی از روش TCACS [۱] استفاده شده است.

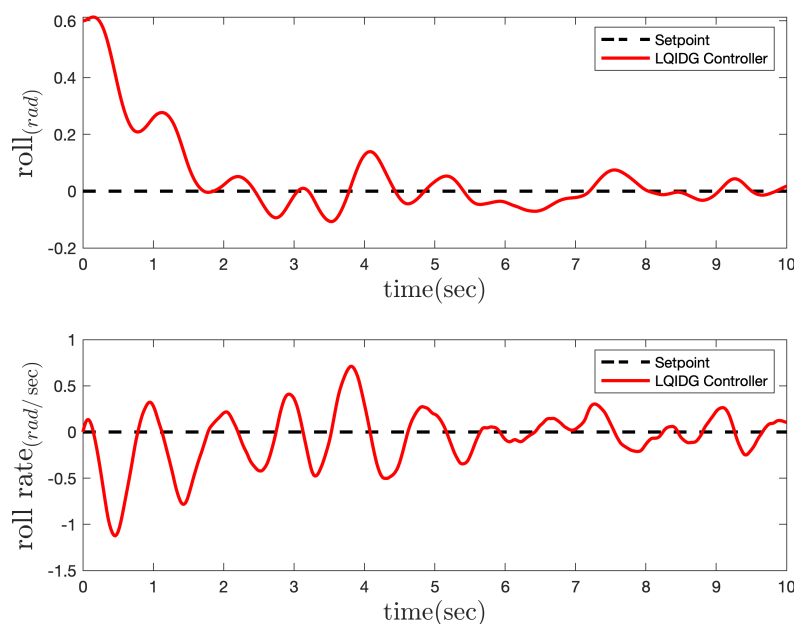


شکل ۲: عملکرد LQDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)

بر اساس خروجی شبیه‌سازی (شکل ۲-۳-۰)، کانال رول در حضور کنترل‌کننده LQDG در کمتر از پنج ثانیه به تعادل می‌رسد اما دارای خطای ماندگار است ولی خطای ماندگار آن نسبت به کنترل‌کننده بخش ۱-۳-۰ کمتر است. به دلیل خطای ماندگار، در بخش انتگرال‌گیر به کنترل‌کننده اضافه می‌شود تا خطای ماندگار استند را کم کند.

۳-۱-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند در حضور کنترل‌کننده LQIDG

در بخش ۱-۲-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند چهارپره انجام شد. در این بخش به بررسی عملکرد چهارپره در حضور کنترل‌کننده LQIDG پرداخته می‌شود. کنترل‌کننده LQDG در بخش‌های ?? و ?? بررسی شده است. در شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی ضرایب وزنی از روش TCACS [۱] استفاده شده است.

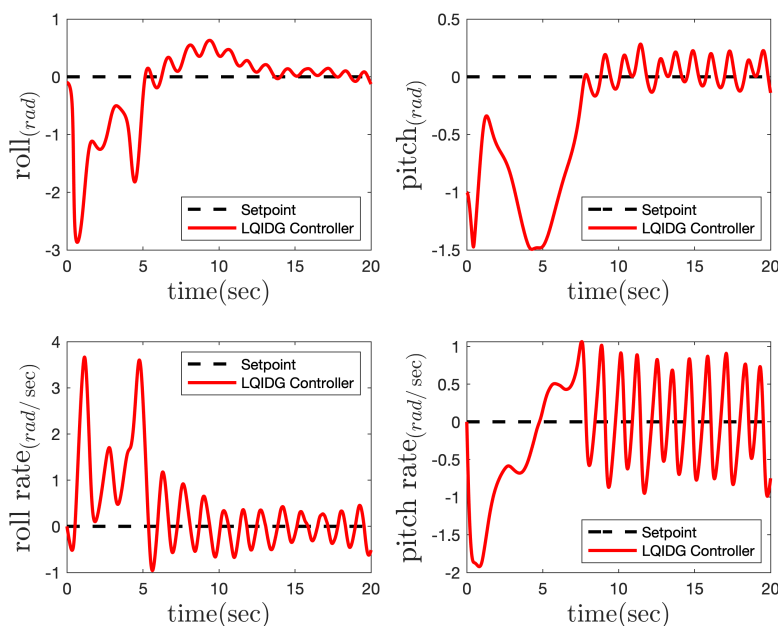


شکل ۳: عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)

بر اساس خروجی شبیه‌سازی (شکل ۳-۳-۰)، کانال رول در حضور کنترل‌کننده LQIDG در حدود پنج ثانیه به تعادل می‌رسد و خطای ماندگار آن در حدود صفر است.

۴-۱-۰ شبیه‌سازی کانال رول-پیچ استند در حضور کنترل‌کننده LQIDG

در بخش ۴-۲-۰ شبیه‌سازی کانال رول استند چهارپره انجام شد. در این بخش به بررسی عملکرد چهارپره در حضور کنترل‌کننده LQIDG پرداخته می‌شود. کنترل‌کننده LQIDG در بخش‌های ?? و ?? بررسی شده است. در شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی ضرایب وزنی از روش TCACS [۱] استفاده شده است.

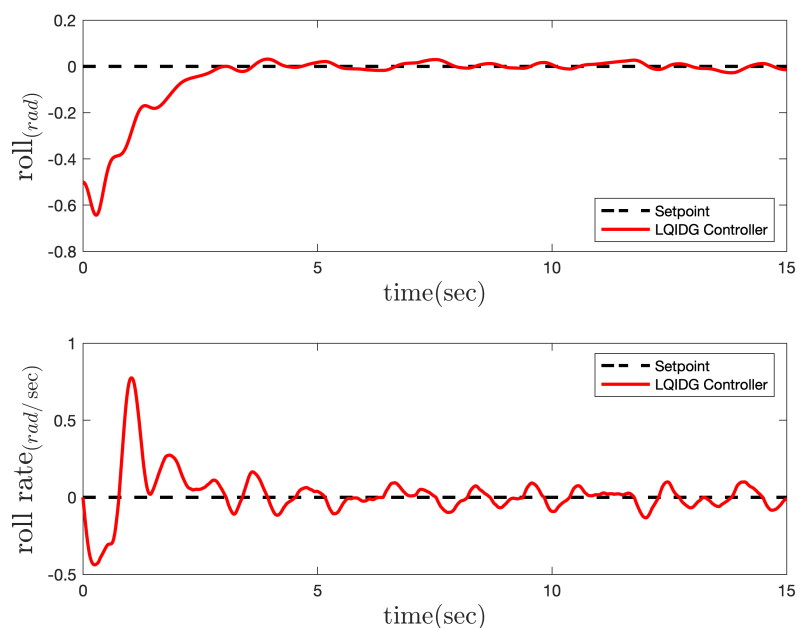


شکل ۴: عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول و پیچ (تعقیب ورودی صفر)

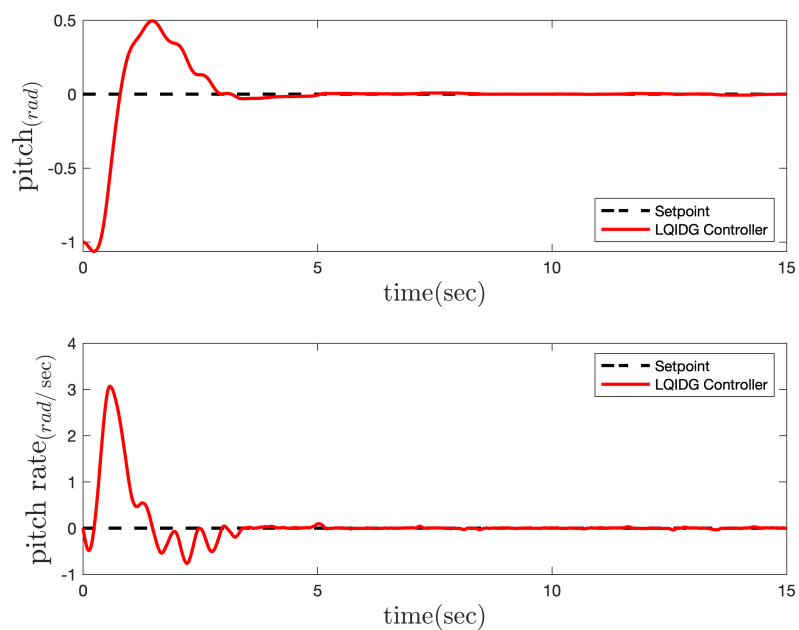
بر اساس خروجی شبیه‌سازی (شکل ۳-۳-۰)، کانال رول در حضور کنترل‌کننده LQIDG در حدود پنج ثانیه و کانال پیچ در حدود هشت ثانیه به تعادل می‌رسد و خطای ماندگار آن در حدود صفر است.

۵-۱-۰ شبیه‌سازی سه درجه آزادی استند در حضور کنترل‌کننده LQIDG

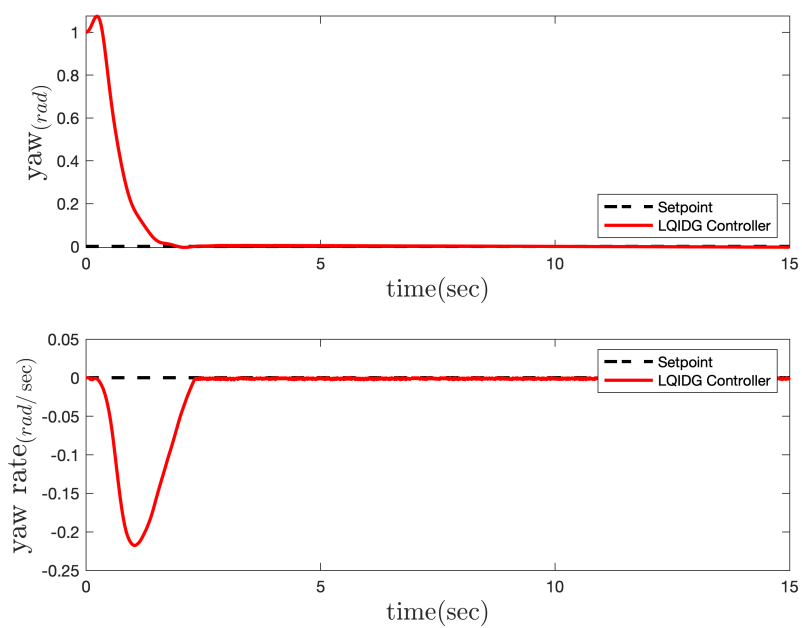
در بخش ۱-۰ شبیه‌سازی سه درجه آزادی استند چهارپره انجام شد. در این بخش به بررسی عملکرد چهارپره در حضور کنترل‌کننده LQIDG پرداخته می‌شود. کنترل‌کننده LQDG در بخش‌های ?? و ?? بررسی شده است. در شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی ضرایب وزنی از روش TCACS [۱] استفاده شده است.



شکل ۵: عملکرد LQIDG در کنترل زاویه رول (تعقیب ورودی صفر)



شکل ۶: عملکرد LQIDG در کنترل زاویه پیچ (تعقیب ورودی صفر)



شکل ۷: عملکرد LQIDG در کنترل زاویه یاءو (تعقیب ورودی صفر)

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