

اصول سیستم های کنترل

پدیده و زندگی

وحید حسینی

روح الله روحانی

مسرور دولت آبادی

وحید نجف پور

سرشناسه	: حسینی، وحید، ۱۳۵۸- اردیبهشت
عنوان و نام پدیدآور	: اصول سیستم های کنترل: وحید حسینی- روح الله روحانی فر- مسرور دولت آبادی- وحید نجف پور
مشخصات نشر	: تهران، انتشارات دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص)، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	: ۲۱۰ صفحه، مصور، جدول، نمودار
شابک	: ۹۷۷۴۶-۹۷۸-۶۰۰-۲۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: مهندسی کنترل
رژیم	: Automatic control
شناسه افزوده	: نجف پور وحید، ۱۳۶۲، مولف
شناسه زوده	: روحانی فر، روح الله، ۱۳۵۸، مؤلف
شناسه افزود	: دولت آبادی، مسرور، ۱۳۶۴، مولف
رده بندی کنگره	: Tj۲۱۳/الف۱۶۱۰۶
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۰۰۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۷۴۳۱۸



عنوان کتاب: اصول سیستم های کنترل

پدیدآورندگان: وحید حسینی- روح الله روحانی فر- مسرور دولت آبادی- وحید نجف پور

ویراستار علمی: اسماعیل زارع زاده

ویراستار: علیرضا پرنو

طراح جلد و صفحه آر: حمیدرضا دیناری- میلاد سیاه تیری

شابک: ۹۷۷۴۶-۹۷۸-۶۰۰-۲۰۰۰۰۰

شمارندگان: ۱۰۰۰ نسخه

قطع: وزیری

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

ناشر: انتشارات دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص)

چاپ اول: ۱۳۹۶

امور فنی و چاپ: چاپ و صحافی دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص)

دفتر فنی و توزیع: دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص) واحد انتشارات

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ می باشد و هرگونه چاپ، تکثیر، یا باز نشر اثر بدون مجوز ناشر به هر شکل، اعم از افست، ریسوگراف یا زیراکس به صورت متن کامل یا خلاصه شده تحت هر عنوان اعم از کتاب، جزوه یا وسیله کمک آموزشی در فضای واقعی یا مجازی ممنوع و موجب پیگرد قانونی است.

دیباچه

یک سیستم کنترل متشکل از اجزای به هم پیوسته بوده که برای رسیدن به هدفی خاص طراحی می‌شود که در یک ارزیابی کلی می‌توان گفت که هدف نهایی از طراحی آن سیستم افزایش تولید و اصلاح عملکرد آن مجموعه است. از این‌رو درک عمیق آرایش، ویژگی‌ها و شناسایی پارترهای آن سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در این راستا زمین کتاب حاضر با علم به اهداف پیش گفته به منظور شناخت دقیق مبانی یک سیستم کنترل با استفاده از به تضایای ریاضی و همچنین با بهره‌گیری از نرم‌افزار قدرتمند MATLAB مبادرت به تشریح این اثر نموده‌اند که ماحصل آن مجموعه‌ای با ویژگی‌های زیر است:

- پیوستگی، طبقه‌بندی مناسب سراسر با بیان ساده و حل مثال‌های متعدد
- بهره‌گیری از کلیه کتب و منابع منتشر شده در زمینه سیستم‌های کنترل مقدماتی و مدرن
- استفاده از تجربیات تدریس سال‌های گذشته
- بهره‌گیری از نظرات صاحب نظران در امر گردآوری و تدوین کتاب
- ارائه تمرین‌های پایان فصل جهت ارزیابی مخاطبان

از آنجایی که این کتاب برای مطالعه دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی از قبیل مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی هوافضا نگاشته شده است، کلیه اساتید، دانشجویان و صاحب نظران این عرصه می‌توانند با ارائه نظرات ارزشمند خود در رفع نواقص احتمالی و همچنین بهبود محتوا مؤلفین را مورد لطف قرار دهند تا در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. در پایان امید آن می‌رود که این تلاش ناچیز بتواند در افزایش دانش و انگیزه پژوهشگران این حوزه مؤثر واقع گردد.

فهرست مطالب

فصل ۱. کلیات

۱

- ۱.۱ تاریخچه تئوری کنترل..... ۱
- ۲.۱ تحلیل و طراحی سیستم‌های چند متغیره..... ۳
- ۱.۲.۱ روش‌های طراحی حالت..... ۴
- ۲.۲.۱ روش‌های پاسخ فرکانسی و مکان ریشه..... ۶
- ۳.۲.۱ کنترل کننده‌های PID چند متغیره..... ۹
- ۴.۲.۱ سایر روش‌های طراحی سیستم‌های کنترل چند متغیره..... ۱۱
- ۳.۱ تعریف مسأله کنترل مقاوم..... ۱۲
- ۱.۳.۱ تغییرات در طیف توانی سیگنال‌ها..... ۱۴
- ۲.۳.۱ عدم اطمینان در مدل پلانت..... ۱۵
- ۴.۱ دوران‌های کنترلی..... ۱۶
- ۱.۴.۱ دوران کنترل کلاسیک ۱۹۶۰-۱۹۳۰..... ۱۶
- ۲.۴.۱ دوران کنترل مدرن ۱۹۸۰-۱۹۶۰..... ۱۶
- ۳.۴.۱ دوران کنترل مقاوم ۱۹۸۰ تاکنون..... ۱۷
- ۵.۱ تاریخچه تئوری کنترل مقاوم H_∞ ۱۷
- ۱.۵.۱ نحوه تکوین و تکامل تئوری کنترل مقاوم H_∞ ۱۸
- ۲.۵.۱ کشف محدودیت‌های کنترل مقاوم H_∞ ۲۲
- ۶.۱ کنترل مقاوم در برابر کنترل نامی..... ۲۳
- ۷.۱ تمرین..... ۲۵

۳۳	۱,۲ نرم و طریقه محاسبه آن
۳۳	۱,۱,۲ فضای برداری خطی
۳۴	۲,۱,۲ فضای نرم دار خطی
۳۵	۳,۱,۲ نرم بردار
۳۵	۱,۲ نرم القایی ماتریس
۳۷	۱,۱ نرم فروبینوس
۳۸	۲,۲ نرمها
۳۸	۱,۲,۲ فضای نرم دار
۳۸	۲,۲,۲ بررسی همگرایی بر اساس تعریف نرم
۳۹	۳,۲,۲ دنباله کوشی
۳۹	۴,۲,۲ فضای کامل
۳۹	۵,۲,۲ ضرب داخلی بردارها
۴۰	۶,۲,۲ فضای حاصلضرب داخلی
۴۱	۷,۲,۲ فضای کامل یا هیلبرت
۴۱	۸,۲,۲ فضای متمم متعامد $(S^\perp)$
۴۱	۹,۲,۲ فضاهای نرم دار سیگنال های اسکالر در حوزه زمان
۴۱	۱,۹,۲,۲ فضای L_2
۴۲	۲,۹,۲,۲ فضای L_∞
۴۲	۳,۹,۲,۲ فضای L_1
۴۳	۱۰,۲,۲ فضاهای نرم دار توابع تبدیل و سیگنال های برداری
۴۳	۱,۱۰,۲,۲ فضای $L_2(R, C^{m \times n})$
۴۴	۲,۱۰,۲,۲ فضای $H_2(R, C^{m \times n})$
۴۴	۳,۱۰,۲,۲ فضای $H_2^\perp(R, C^{m \times n})$

۴۴	$L_2(jR, C^{m \times n})$ فضای ۴, ۱۰, ۲, ۲
۴۵	$H_2(C, C^{m \times n})$ فضای ۵, ۱۰, ۲, ۲
۴۵	$H_2^1(C, C^{m \times n})$ فضای ۶, ۱۰, ۲, ۲
۴۶	$L_\infty(jR, C^{m \times n})$ فضای ۷, ۱۰, ۲, ۲
۴۶	$H_\infty(C, C^{m \times n})$ فضای ۸, ۱۰, ۲, ۲
۴۸	۳, ۲ بررسی کلاس توابع
۴۸	۱, ۲ کلاس تابع H_∞ و خواص آن
۴۹	۲, ۳, ۲ کلاس توابع L_∞
۵۱	۴, ۲ مقادیر ویژه و مقادیر تکین
۵۱	۱, ۴, ۲ مقادیر ویژه و خواص آن
۵۲	۲, ۴, ۲ جهت‌های سیستم‌ها، چارچوب غیره
۵۳	۳, ۴, ۲ تعریف مقدار تکین
۵۴	۴, ۴, ۲ تفاوت عمده مقدار ویژه و مقدار تکین
۵۵	۵, ۴, ۲ تجزیه بر اساس مقادیر تکین (SVD)
۵۸	۵, ۲ ماتریس هامیلتونین
۵۹	۶, ۲ معادله ریکاتی
۶۰	۱, ۶, ۲ حل مسئله ریکاتی
۶۲	۷, ۲ محاسبه نرم ماتریس توابع تبدیل
۶۲	۱, ۷, ۲ نرم دو ماتریس توابع تبدیل
۶۳	۲, ۷, ۲ نرم بینهایت ماتریس توابع تبدیل
۶۴	۳, ۷, ۲ نرم هنکل توابع تبدیل
۶۶	۸, ۲ معرفی چند اپراتور در فضای هیلبرت
۶۷	۱, ۸, ۲ تصویر عمودی Π
۶۷	۲, ۸, ۲ اپراتور لارنت Λ_F

۶۸	۳,۸,۲ ابراتور توپلیتز (θ_F)
۶۸	۴,۸,۲ ابراتور هنکل
۷۱	۵,۸,۲ تعریف نرم هنکل
۷۱	۱,۵,۸,۲ خواص ابراتور هنکل
۷۳	۹,۲ روش‌های فاکتورگیری
۷۴	۱۰,۲ توابع داخلی و خارجی
۷۴	۲,۹,۱ فاکتورگیری طیفی
۷۸	۵,۹,۲ فاکتورگیری هم داخلی - هم خارجی
۷۹	۱۰,۲ تعریف فضای حالتی ماتریس توابع تبدیل
۸۰	۱۱,۲ تبدیل فضای حالتی (LFT)
۸۲	۱۲,۲ تحقق فضای حالتی LFT
۸۳	۱۳,۲ خواص تبدیل خطی کسر تک ورودی تک خروجی (تبدیل دو خطی)
۸۶	۱۴,۲ تمرین

فصل ۳. عدم قطعیت در مدل

۹۳	۱,۳ تعریف عدم قطعیت
۹۳	۲,۳ تفاوت عدم قطعیت با اغتشاش و متغیر تصادفی
۹۴	۳,۳ عدم قطعیت در مدل پلانت
۱۰۵	۴,۳ انواع روش‌های مدل سازی عدم قطعیت
۱۰۵	۵,۳ چگونگی ساخت مدل‌های غیرقطعی سیستم‌های دینامیکی
۱۰۶	۶,۳ ایجاد پارامترهای غیرقطعی
۱۰۶	۷,۳ سیستم فضای حالتی غیرقطعی
۱۰۹	۸,۳ دینامیک‌های مدل نشده
۱۱۲	۹,۳ تمرین

فصل ۴. تحلیل و طراحی کنترل مقاوم H^∞

۱۱۵	۱,۴ مقیاس گذاری (Scaling)
۱۱۵	

۲,۴	پایداری داخلی.....	۱۱۸
۳,۴	الگوی سیستم کنترل و ماتریس‌های حلقه بسته.....	۱۲۱
۴,۴	اهداف کنترل.....	۱۲۳
۵,۴	عملکرد سیستم‌های کنترل.....	۱۲۶
۶,۴	عدم قطعیت.....	۱۲۹
۱,۶,۴	تغییرات در طیف توانی سیگنال‌های اغتشاش.....	۱۳۰
۲,۶,۴	نقش ماتریس‌های حساسیت, مکمل حساسیت و روبااستنس جمع شونده در	
طراحی کنترل کننده روبااستنس به نویز و اغتشاش اعمالی به مدل.....	۱۳۱	
۳, ۴	نقش ماتریس‌های حساسیت, مکمل حساسیت و روبااستنس جمع شونده در	
طراحی کنترل کننده روبااستنس به تغییرات مدل.....	۱۳۱	
۴,۶,۴	عدم قطعیت در مدل پلانت.....	۱۳۲
۱,۴,۶,۴	عدم قطعیت در مدل پلانت.....	۱۳۲
۲,۴,۶,۴	عدم قطعیت جمع شونده.....	۱۳۴
۷,۴	یافتن کران‌های مناسب برای طراحی.....	۱۳۴
۱,۷,۴	پایداری روبااستنس.....	۱۳۴
۸,۴	نقش ماتریس‌های حلقه بسته در طراحی کنترل کننده روبااستنس H^∞	۱۳۸
۱,۸,۴	پایداری مقاوم و عملکرد مقاوم.....	۱۳۹
۲,۸,۴	بررسی شرایط پایداری مقاوم از لحاظ گرافیکی.....	۱۴۰
۳,۸,۴	مقایسه با حد بهره.....	۱۴۱
۴,۸,۴	پایداری مقاوم با عدم قطعیت ضربشونده معکوس.....	۱۴۲
۵,۸,۴	بررسی شرایط پایداری مقاوم از لحاظ جبری.....	۱۴۲
۹,۴	عملکرد مقاوم SISO.....	۱۴۴
۱,۹,۴	عملکرد نامی SISO در نمودار نایکوئیست.....	۱۴۴
۲,۹,۴	بررسی شرایط عملکرد مقاوم از لحاظ گرافیکی.....	۱۴۵
۱۰,۴	مسئله استاندارد کنترل H^∞	۱۴۹
۱۱,۴	حساسیت وزین.....	۱۵۰
۱,۱۱,۴	انتخاب تابع وزنی حساسیت.....	۱۵۲

۲,۱۱,۴ فرموله کردن مسأله بهینه سازی حساسیت مخلوط وزین..... ۱۵۴

فصل ۵. مبانی و قضایای حل مسئله استاندارد H_{∞} ۱۵۷

۱,۵ بیان مسئله استاندارد..... ۱۵۷

۲,۵ بیان چند مسئله استاندارد به عنوان مثال..... ۱۶۰

۱,۲,۵ مسئله تطبیق مدل..... ۱۶۰

۲,۲,۱ مسئله تعقیب سیگنال..... ۱۶۱

۳,۵ پایداری..... ۱۶۲

۱,۳,۵ فکتورهای متباین..... ۱۶۲

۲,۳,۵ پایداری..... ۱۶۴

۳,۳,۵ پایداری سازی..... ۱۶۵

۴,۵ پارامتری کردن..... ۱۶۶

۵,۵ پارامتری کردن کنترلر پایداری ساز را با ماتریس تبدیل حلقه بسته..... ۱۶۸

۶,۵ فضاهای کراین..... ۱۷۲

۷,۵ تعریف ماتریس J -Unitary..... ۱۷۴

۸,۵ قضیه نهاری..... ۱۷۴

۹,۵ الگوریتم حل مسئله نهاری (۱)..... ۱۷۵

۱۰,۵ روش های متعارف فاکتوریزه کردن..... ۱۷۹

۱,۱۰,۵ فاکتوریزاسیون متعارف..... ۱۷۹

۲,۱۰,۵ فضای کراین..... ۱۸۱

۱۱,۵ حل مسئله نهاری..... ۱۸۲

۱۲,۵ الگوریتم حل مسئله نهاری (۲)..... ۱۸۵

۱۳,۵ تمرین..... ۱۸۸