



**به نام خدا**



# کاربرد نرم افزار

## MATLAB

# در مهندسی کنترل

قابل استفاده برای تمام رشته های فنی و مهندسی

مؤلف

**مهندس احمد درویشی**

(کارشناسی ارشد مهندسی برق)



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## ◀ عنوان کتاب: کاربرد نرم افزار MATLAB در مهندسی کنترل قابل استفاده برای تمام رشته های فنی و مهندسی

◀ مولف: مهندس احمد درویشی

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ صفحه آرای: شبیم هاشم زاده

◀ طراح جلد: داریوش فرسای

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۳۹۸

◀ چاپ و صحافی: درج عقیق

◀ تیراژ: ۱۰۰ جلد

◀ قیمت: ۷۷۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۳۵-۲

◀ نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

◀ تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

◀ فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

[WWW.MFTBOOK.IR](http://WWW.MFTBOOK.IR)

[www.dibagaran-tehran.com](http://www.dibagaran-tehran.com)

[www.mftdibagaran.ir](http://www.mftdibagaran.ir)

◀ نشانی تلگرام: @mftbook

سرشناسه: درویشی، احمد، ۱۳۶۴-  
عنوان و نام پدیدآور: کاربرد MATLAB در مهندسی کنترل-  
مناسب برای تمام رشته های فنی و مهندسی / مولف: احمد  
درویشی.  
مشخصات نشر: تهران: دیباگران تهران: ۱۳۹۸  
مشخصات ظاهری: ۲۶۸ ص: مصور،  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۳۵-۲  
وضعیت فهرست نویسی: فیفا  
موضوع: متلب MATLAB  
موضوع: برق-سیستمها-نرم افزار  
موضوع: electric power systems-software  
موضوع: مهندسی کنترل-داده پردازي  
موضوع: automatic control-data processing  
موضوع: سیستم های کنترل خطی-داده پردازي  
موضوع: linear control systems-data processing  
رده بندی کنگره: TA۳۴۵:  
رده بندی دیویی: ۶۲۹/۸۳۲:  
شماره کتابشناسی ملی: ۵۶۹۴۵۲۱:

اپلیکیشن دیباگران تهران را از سایت های اینترنتی دیباگران دریافت نمایید.

## فهرست مطالب



فصل اول

مباحث مقدماتی

- ۱-۱ محاسبه وارون یک ماتریس ..... ۱۱
- ۱-۲ محاسبه مقادیر ویژه یک ماتریس ..... ۱۱
- ۱-۳ محاسبه دترمینان یک ماتریس ..... ۱۲
- ۱-۴ محاسبه تبدیل لاپلاس و عکس آن ..... ۱۳
- ۱-۵ محاسبه تبدیل فوریه و عکس آن ..... ۱۵
- ۱-۶ محاسبه مجموع یک دنباله ..... ۱۵
- ۱-۷ محاسبه حد یک تابع در یک نقطه ..... ۱۶
- ۱-۸ دستور محاسبه مشتق ..... ۱۷
- ۱-۹ محاسبه انتگرال یک تابع ..... ۱۸
- ۱-۱۰ محاسبه سری تیلر یک تابع ..... ۱۹
- ۱-۱۱ محاسبه سری تیلر یک تابع به کمک ابزار گرافیکی taylor tool ..... ۲۱
- ۱-۱۲ دستور محاسبه ریشه های یک چندجمله ای ..... ۲۴
- ۱-۱۳ حل دستگاه معادلات به کمک دستور solve ..... ۲۵
- ۱-۱۴ حل معادلات دیفرانسیل به کمک دستور dsolve ..... ۲۷

- ۱۵-۱ سیستم های تک ورودی-تک خروجی ..... ۲۸
- ۱۶-۱ چگونگی معرفی تابع تبدیل به فرم zpk ..... ۳۰
- ۱۷-۱ معرفی سیستم تک ورودی- تک خروجی در فضای حالت ..... ۳۱
- ۱۸-۱ چگونگی تبدیل مدل سیستم از فضای حالت به تابع تبدیل یا برعکس ..... ۳۲
- ۱۹-۱ سیستم های چندورودی-چندخروجی ..... ۳۳
- ۲۰-۱ معرفی سیستم چندورودی-چندخروجی در فضای حالت ..... ۳۴
- ۲۱-۱ شیوه مدلسازی تاخیر در تابع تبدیل سیستم ..... ۳۶
- ۲۲-۱ مدلسازی تاخیر در فضای حالت ..... ۴۰
- ۲۳-۱ مقایسه پاسخ پله سیستم دارای تاخیر با سیستم بدون تاخیر ..... ۴۱
- ۲۴-۱ به کار بردن تقریب در مدلسازی تابع تبدیل دارای تاخیر ..... ۴۲
- ۲۵-۱ آشنایی با ابزار گرافیکی LTI Viewer ..... ۴۵
- ۲۶-۱ بسط دادن تابع تبدیل سیستم به کسرهای جزئی ..... ۴۸



۵۱

۵۱

فصل دوم

تحلیل سیستم های کنترل خطی در حوزه زمان

- ۱-۲ مقدمه ..... ۵۲
- ۲-۲ پاسخ پله ..... ۵۲
- ۳-۲ پاسخ ضربه ..... ۶۱
- ۴-۲ یافتن پاسخ سیستم به سیگنال دلخواه ..... ۶۴
- ۵-۲ یافتن پاسخ سیستم به شرایط اولیه ..... ۶۶
- ۶-۲ آگاهی از خواص سیستم ..... ۶۸
- ۷-۲ ترسیم مکان هندسی ریشه ها ..... ۷۲

۲-۸ طراحی به روش مکان هندسی ریشه ها ..... ۸۰



۸۲

۸۲

فصل سوم

اتصال بین مدل ها

۳-۱ مقدمه ..... ۸۳

۳-۲ اتصال سری دو سیستم ..... ۸۳

۳-۳ اتصال موازی دو سیستم ..... ۸۸

۳-۴ محاسبه اتصال فیدبک در سیستم های SISO ..... ۹۲

۳-۵ محاسبه اتصال فیدبک در سیستم های MIMO ..... ۹۴

۳-۶ نقطه اتصال چند سیگنال ..... ۹۹

۳-۷ پیوست کردن چند مدل ..... ۱۰۲

۳-۸ اتصال قطری مدل ها ..... ۱۰۶

۳-۹ تبدیل کسری-خطی یا LFT ..... ۱۰۷

۳-۱۰ اتصال مدل ها به کمک دستور connect ..... ۱۱۲



۱۱۸

۱۱۸

فصل چهارم

تحلیل جامع سیستم های کنترل خطی

۴-۱ پاسخ فرکانسی ..... ۱۱۹

۴-۲ آنالیز پایداری سیستم های کنترل خطی ..... ۱۵۶

۴-۳ آشنایی با ابزار گرافیکی سنجش حاشیه پایداری سیستم ( margin\_gui ) ..... ۱۷۵

۱۸۲

۱۸۲

## فصل پنجم

### طراحی کنترل کننده PID در MATLAB

- ۱۸۳..... ۵-۱ مقدمه
- ۱۸۷..... ۵-۲ طراحی کنترل کننده PID به کمک ابزار گرافیکی sisotool
- ۲۰۳..... ۵-۳ محاسبه تجربی ضرایب کنترل کننده PID به کمک الگوریتم زیگلر-نیکولز
- ۲۲۴..... ۵-۴ بهینه سازی ضرایب کنترل کننده PID به کمک ابزار sisotool
- ۲۴۰..... ۵-۵ طراحی کنترل کننده PID به کمک ابزار گرافیکی pidtool
- ۲۴۴..... ۵-۶ طراحی کنترل کننده PID به کمک دستور pidtune

۲۵۶

۲۵۶

## فصل ششم

### مدل سازی عدم قطعیت پارامتری و آنالیز حساسیت

- ۲۵۷..... ۶-۱ مقدمه
- ۲۵۷..... ۶-۲ عدم اطمینان در پارامترهای سیستم
- ۲۶۶..... ۶-۳ طراحی کنترل کننده PID برای یک سیستم با پارامتر نامعین

## خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌های است که بتواند خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "مهندس احمد درویشی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

### کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس [dibagaran.mft.info](mailto:dibagaran.mft.info) (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران  
[bookmarket@mft.info](mailto:bookmarket@mft.info)



## مقدمه مولف

جعبه‌افزار سیستم‌های کنترل<sup>۱</sup> در نرم‌افزار MATLAB شامل الگوریتم‌ها و عملکردهای استاندارد جهت آنالیز، طراحی و تنظیم پارامترها در سیستم‌های کنترل خطی می‌باشد. کاربر می‌تواند با فراگیری الگوریتم‌ها و دستورات این تولباکس، سیستم کنترل مورد نظر خود را در قالب تابع تبدیل، مدل فضای حالت، مدل قطب-صفر-بهره<sup>۲</sup> و یا مدل پاسخ فرکانسی توصیف کمی نموده و سپس به انجام آنالیزهایی نظیر پاسخ پله و ضربه، ترسیم نمودارهایی نظیر دیاگرام بود، نایکویست، مکان هندسی ریشه‌ها و ... و نیز بررسی پایداری سیستم و میزان مطلوب بودن عملکرد آن بپردازد. به عبارتی قابلیت مشاهده رفتار سیستم مورد نظر در حوزه زمان و فرکانس به راحتی در اختیار کاربر قرار خواهد گرفت. همینطور می‌توان برای سیستم مورد نظر کنترل‌کننده‌های PID و یا کنترل‌کننده‌های LQR/LQG<sup>۳</sup> طراحی نموده و در ادامه به بررسی پاسخ سیستم حلقه بسته و معیارهایی نظیر زمان صعود<sup>۴</sup>، مقدار فراجهش<sup>۵</sup>، حد فاز و بهره<sup>۶</sup> و ... پرداخت. در این کتاب چگونگی بهره‌گیری از این قابلیت‌ها با مثال‌های آموزنده تشریح خواهد شد.

---

1-Control System Toolbox  
2-pole-zero-gain  
3-Linear-Quadratic-Gaussian  
4-Rise Time  
5-Overshoot  
6-Gain and Phase Margins



در فصل اول به مباحث مقدماتی و به نوعی پیش‌نیازهای لازم جهت استفاده از نرم‌افزار MATLAB در فصول بعدی پرداخته می‌شود. سعی شده‌است اصلی‌ترین و پایه‌ای‌ترین مباحث جهت تحلیل سیستم‌های کنترل در این فصل بیان شود به گونه‌ای که مخاطب را از مراجعه به دیگر کتب و مراجع بی‌نیاز سازد. در فصل دوم روشهای تحلیل سیستم‌های کنترل خطی در حوزه زمان با بهره‌گیری از ابزارهای گرافیکی MATLAB و دستورات جعبه‌افزار کنترل آن، به صورت کاملاً تشریحی بیان خواهد شد. در فصل سوم به انواع روشهای ترکیب و ادغام اجزای یک سیستم جهت تشکیل یک مدل دینامیکی جامع، خواهیم پرداخت. تحلیل سیستم‌های کنترل در حوزه فرکانس با ارائه مثالهای متعدد و توضیحات تکمیلی در فصل چهارم بیان خواهد شد. در فصل پنجم به انواع روش‌های طراحی کنترل‌کننده PID ( روشهای تجربی و تحلیلی ) در جعبه‌افزار کنترل خواهیم پرداخت. همینطور چگونگی انجام یک طراحی بهینه با ارائه مثالهای تشریحی و توضیحات تکمیلی به زبان ساده و گویا، توضیح داده خواهد شد و در نهایت چگونگی مدلسازی پارامترهای نامعین و غیرقطعی در ضابطه سیستم، در فصل آخر شرح داده می‌شود.

در پایان بر خود لازم می‌دانم که کمال تشکر و قدردانی را از اساتید محترم اینجانب در دانشگاه رازی کرمانشاه به خاطر راهنمایی‌ها و مساعدت‌هایشان در دوران تحصیل داشته باشم. و نیز از انتشارات محترم دیباگران تهران به خاطر چاپ این اثر سپاسگزارم .