

۱۵۷۵۵۵۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# سیستم‌های کنترل خطی

با کاربرد متلب



مؤلفین:

مجید زارع

محمدرضا اکبری زاده

روستان ۱۳۹۶

|                     |                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور | سیستم های کنترل خطی با کاربرد متلب / مولفین مجید زارع، محمدرضا اکبری زاده. |
| مشخصات نشر          | تهران: نشر دانشگاهی فرهمند، ۱۳۹۶.                                          |
| مشخصات ظاهری        | ۴۴۸ ص.                                                                     |
| شابک                | 978-600-6215-88-4                                                          |
| وضعیت فهرست نویسی   | فیفا                                                                       |
| یادداشت             | واژه نامه.                                                                 |
| یادداشت             | کتابنامه.                                                                  |
| موضوع               | متلب                                                                       |
| موضوع               | MATLAB                                                                     |
| موضوع               | سیستم های کنترل خطی -- راهنمای آموزشی (عالی)                               |
| موضوع               | Linear control systems -- Study and teaching (Higher)                      |
| شناسه افزوده        | اکبری زاده، محمدرضا، ۱۳۵۴ -                                                |
| رده بندی کنگره      | ۱۳۹۶ س ۹ / ز ۲۲۰ / ت ج ۲۲۰                                                 |
| رده بندی دیوید      | ۶۲۹ / ۸۳۲ - ۷                                                              |
| شماره کتابخانه      | ۵۰۳۱۲۹۲                                                                    |



نشر دانشگاهی فرهمند

نام کتاب: سیستم های کنترل خطی با متلب

مولفین: مجید زارع - محمدرضا اکبری زاده

ناشر: نشر دانشگاهی فرهمند

سال چاپ: ۱۳۹۶

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها به همراه کتاب تبدیل لاپلاس: ۲۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۱۵-۸۸-۴

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهمند محفوظ می باشد.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، ساختمان ۱۳۲۰، طبقه زیرین

تلفن: ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۵۳۷۷۴

خرید مستقیم از طریق سایت: [www.farbook.ir](http://www.farbook.ir)

ایمیل انتشارات: [farbook.pub@gmail.com](mailto:farbook.pub@gmail.com)

ارتباط با مولفین: [www.majidzare.ir](http://www.majidzare.ir)

هدیه همراه این کتاب، یک جلد کتاب تبدیل لاپلاس / ابزاری برای مهندسين می باشد.

## فهرست مطالب

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۱۳ | فصل اول: مفاهیم اساسی                 |
| ۱۴ | تعریف سیستم                           |
| ۱۴ | سیستم های زمان پیوسته و زمان گسسته    |
| ۱۴ | سیستم های حافظه دار و بی حافظه        |
| ۱۵ | سیستم علی                             |
| ۱۵ | سیستم تغییرپذیر و تغییرناپذیر با زمان |
| ۱۵ | سیستم خطی و غیر خطی                   |
| ۱۶ | سیستم کنترل                           |
| ۱۶ | دسته بندی سیستم های کنترل             |
| ۱۷ | کنترل خطی                             |
| ۱۷ | کنترل حلقه باز و حلقه بسته            |
| ۱۸ | فیدبک (بازخورد)                       |
| ۱۹ | تمرین های فصل اول                     |
| ۲۱ | فصل دوم: نمایش و مدلسازی سیستم ها     |
| ۲۱ | نمایش سیستم ها                        |
| ۲۲ | نمایش معادله دیفرانسیل                |
| ۲۲ | نمایش تابع تبدیل                      |
| ۲۴ | بیان چند نکته                         |
| ۲۵ | نمایش پاسخ ضربه                       |
| ۲۶ | نمایش دیاگرام بلوکی                   |
| ۲۷ | ساده سازی دیاگرام بلوکی               |
| ۲۷ | قوانین جبر دیاگرام های بلوکی          |
| ۳۸ | نمایش نمودار گذر سیگنال               |
| ۳۹ | بیان چند نکته                         |
| ۳۹ | ساده سازی نمودار گذر سیگنال           |
| ۳۹ | قاعده میسون                           |
| ۴۰ | الگوریتم استفاده از قاعده میسون       |
| ۴۸ | نمایش فضای حالت                       |

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۵۶ | مدلسازی سیستم ها                      |
| ۵۶ | مدلسازی سیستم های الکتریکی            |
| ۵۹ | مدلسازی سیستم های مکانیکی             |
| ۵۹ | آشنایی با مفاهیم جابجایی، سرعت و شتاب |
| ۶۳ | تابع تبدیل حلقه باز و حلقه بسته       |
| ۶۵ | تبدیل فیدبک غیر واحد به فیدبک واحد    |
| ۷۰ | تمرین های فصل دوم                     |

## فصل سوم: تحلیل پاسخ گذرای سیستم ها

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۷۵  | ورودی های ندرت                         |
| ۷۷  | سیستم مرتبه اول                        |
| ۷۸  | پاسخ ضربه سیستم مرتبه اول              |
| ۷۸  | پاسخ پله سیستم مرتبه اول               |
| ۷۹  | پاسخ شیب سیستم مرتبه اول               |
| ۸۰  | بیان چند نکته                          |
| ۸۰  | سیستم مرتبه دوم                        |
| ۸۶  | بررسی و حالت زیر میرا                  |
| ۹۷  | اثر افزودن صفر به تابع تبدیل حلقه بسته |
| ۱۰۰ | مکان های هندسی خاص                     |
| ۱۰۳ | تقریب سیستم ها                         |
| ۱۰۳ | تقریب قطب غالب                         |
| ۱۰۴ | تقریب پاده (تقریب تاخیر)               |
| ۱۰۶ | سیستم های مرتبه بالاتر                 |
| ۱۰۸ | تمرین های فصل سوم                      |

## فصل چهارم: معیار پایداری روث هرویتز

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| ۱۱۳ | آرایه روث (جدول روث)     |
| ۱۱۶ | بیان چند نکته            |
| ۱۱۷ | حالت های خاص در جدول روث |
| ۱۲۶ | بیان چند نکته            |

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| ۱۳۱..... | بیان چند نکته.....       |
| ۱۳۲..... | پایداری سیستم ها.....    |
| ۱۳۲..... | انواع پایداری.....       |
| ۱۴۳..... | تمرین های فصل چهارم..... |

|          |                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| ۱۴۷..... | <b>فصل پنجم: تحلیل پاسخ حالت ماندگار سیستم ها.....</b>               |
| ۱۴۷..... | خطای حالت ماندگار در سیستم های دارای فیدبک واحد (تعریف اول).....     |
| ۱۴۸..... | خطای حالت ماندگار در سیستم های دارای فیدبک غیر واحد (تعریف دوم)..... |
| ۱۴۸..... | خطای حالت ماندگار به ورودی پله واحد.....                             |
| ۱۴۹..... | خطای حالت ماندگار به ورودی شیب واحد.....                             |
| ۱۵۰..... | خطای حالت ماندگار به ورودی شتاب واحد.....                            |
| ۱۵۱..... | بیان چند نکته.....                                                   |
| ۱۵۵..... | خطای حالت ماندگار ناشی از حساسیت.....                                |
| ۱۵۶..... | حساسیت سیستم کنترل.....                                              |
| ۱۵۸..... | تمرین های فصل پنجم.....                                              |

|          |                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۶۱..... | <b>فصل ششم: تحلیل سیستم ها به روش مکان هندسی ریشه ها.....</b>                       |
| ۱۶۱..... | مکان هندسی ریشه ها.....                                                             |
| ۱۶۳..... | شروط دامنه و فاز سیستم های فیدبک منفی با $K > 0$ یا فیدبک مثبت با $K < 0$ .....     |
| ۱۶۶..... | رسم مکان هندسی ریشه ها به ازاء فیدبک منفی با $K > 0$ یا فیدبک مثبت با $K < 0$ ..... |
| ۱۸۵..... | شروط دامنه و فاز سیستم های فیدبک منفی با $K < 0$ یا فیدبک مثبت با $K > 0$ .....     |
| ۱۸۵..... | رسم مکان هندسی ریشه ها به ازاء فیدبک منفی با $K < 0$ یا فیدبک مثبت با $K > 0$ ..... |
| ۱۹۰..... | مکان هندسی سیستم های دارای تأخیر.....                                               |
| ۱۹۱..... | جهش در مکان هندسی.....                                                              |
| ۱۹۵..... | تمرین های فصل ششم.....                                                              |

|          |                                                          |
|----------|----------------------------------------------------------|
| ۱۹۷..... | <b>فصل هفتم: تحلیل سیستم ها به روش پاسخ فرکانسی.....</b> |
| ۱۹۷..... | تابع تبدیل فرکانسی.....                                  |
| ۱۹۸..... | پاسخ حالت ماندگار به ورودی سینوسی.....                   |
| ۲۰۱..... | نمایش تابع تبدیل فرکانسی.....                            |

- ۲۰۱..... نمودار های بود.....
- ۲۰۲..... عوامل پایه در تابع تبدیل حلقه باز.....
- ۲۰۳..... عامل بهره.....
- ۲۰۴..... عامل مشتق گیری یا انتگرال گیری (صفر یا قطب در مبدأ).....
- ۲۰۷..... عامل صفر یا قطب ساده.....
- ۲۱۰..... عامل صفر یا قطب مزدوج.....
- ۲۱۷..... عامل تاخیر.....
- ۲۱۸..... دیاگرام فاز مجانبی.....
- ۲۱۹..... رسم دیاگرام های بود.....
- ۲۲۷..... بیان چند نکته.....
- ۲۲۸..... سیستم های حداقل فاز و سیستم های غیر حداقل فاز.....
- ۲۲۹..... رسم دیاگرام های بود سیستم های غیر حداقل فاز.....
- ۲۳۲..... خطای حالت ماندگار در سیستم گام اندازه بود.....
- ۲۳۵..... دیاگرام نایکوئیست (دیاگرام قطبی).....
- ۲۳۵..... مشخصات دیاگرام نایکوئیست.....
- ۲۳۷..... دیاگرام نایکوئیست عوامل مختلف.....
- ۲۳۷..... عامل مشتق گیری یا انتگرال گیری (صفر یا قطب در مبدأ).....
- ۲۳۸..... عامل صفر یا قطب ساده (مرتبه اول).....
- ۲۴۰..... عامل های مرتبه دوم مزدوج.....
- ۲۴۲..... عامل بهره  $K$ .....
- ۲۴۳..... عامل تاخیر.....
- ۲۴۶..... رسم دیاگرام نایکوئیست سیستم های دارای قطب در مبدأ.....
- ۲۵۱..... قضیه نگاشت کوشی.....
- ۲۵۱..... معیار پایداری نایکوئیست.....
- ۲۵۴..... بیان چند نکته.....
- ۲۵۷..... رسم دیاگرام نایکوئیست سیستم های با ضریب میرایی صفر.....
- ۲۶۰..... رسم دیاگرام نایکوئیست به ازاء  $K < 0$ .....
- ۲۶۱..... بررسی پایداری سیستم های چند حلقه ای.....
- ۲۶۴..... پایداری مشروط سیستم ها.....

|     |       |                                           |
|-----|-------|-------------------------------------------|
| ۲۶۶ | ..... | دیاگرام نیکولز (لگاریتم دامنه بر حسب فاز) |
| ۲۶۷ | ..... | تعیین تجربی تابع تبدیل                    |
| ۲۶۷ | ..... | پایداری نسبی                              |
| ۲۶۸ | ..... | حاشیه فاز و حاشیه بهره                    |
| ۲۷۱ | ..... | محاسبه حاشیه فاز                          |
| ۲۷۲ | ..... | محاسبه حاشیه بهره                         |
| ۲۷۴ | ..... | بیان چند نکته                             |
| ۲۷۷ | ..... | تمرین های فصل هفتم                        |

## ۲۸۳ ..... فصل هشتم: طراحی کنترل کننده های کلاسیک

|     |       |                                             |
|-----|-------|---------------------------------------------|
| ۲۸۳ | ..... | ساختارهای سیستم کنترل                       |
| ۲۸۵ | ..... | کنترل حلقه باز                              |
| ۲۸۶ | ..... | کنترل حلقه بسته با یک درجه آزادی            |
| ۲۸۷ | ..... | کنترل کننده های کلاسیک                      |
| ۲۸۸ | ..... | کنترل کننده تناسبی (جبرانساز استاتیکی $P$ ) |
| ۲۸۹ | ..... | کنترل کننده تناسبی-انتگرالی ( $PI$ )        |
| ۲۹۰ | ..... | کنترل کننده تناسبی-مشتقی ( $PD$ )           |
| ۲۹۱ | ..... | کنترل کننده تناسبی-انتگرالی-مشتقی ( $PID$ ) |
| ۲۹۱ | ..... | کنترل کننده پسفاز ( $Lag$ )                 |
| ۲۹۲ | ..... | کنترل کننده پیشفاز ( $Lead$ )               |
| ۲۹۳ | ..... | کنترل کننده پیشفاز-پسفاز ( $Lead - Lag$ )   |
| ۲۹۴ | ..... | طراحی کنترل کننده در حوزه زمان              |
| ۲۹۵ | ..... | طراحی کنترل کننده در حوزه فرکانس            |
| ۳۰۵ | ..... | طراحی کنترل کننده های $PID$                 |
| ۳۰۸ | ..... | پایدار سازی                                 |
| ۳۰۹ | ..... | تمرین های فصل هشتم                          |

## ۳۱۳ ..... فصل نهم: کاربرد متلب در مهندسی کنترل

|     |       |                        |
|-----|-------|------------------------|
| ۳۱۳ | ..... | بخش اول: مروری بر متلب |
| ۳۱۳ | ..... | نرم افزار MATLAB       |

|          |                              |
|----------|------------------------------|
| ۳۱۴..... | محیط MATLAB                  |
| ۳۱۵..... | آرایه، ماتریس، بردار و متغیر |
| ۳۱۵..... | بردار هندسی و بردار منطقی    |
| ۳۱۶..... | نوشتن دستورات و مشاهده نتایج |
| ۳۱۶..... | تعریف متغیر                  |
| ۳۱۷..... | مشاهده متغیر و نوشتن توضیحات |
| ۳۱۸..... | تفاوت حروف بزرگ و کوچک       |
| ۳۱۹..... | تعریف بردار منطقی            |
| ۳۱۹..... | آرایه سلولی                  |
| ۳۱۹..... | توابع اندازه گیری            |
| ۳۲۰..... | نوشتن چند دستور در یک سطر    |
| ۳۲۱..... | نوشتن یک دستور در چند سطر    |
| ۳۲۱..... | مدیریت نمایش و اجرای دستورات |
| ۳۲۲..... | اجرا و ضبط دستورات قبلی      |
| ۳۲۲..... | تعیین صحت عبارات             |
| ۳۲۳..... | دستوراتی برای متغیرها        |
| ۳۲۳..... | دریافت اطلاعات از مدارک متلب |
| ۳۲۴..... | داده های عددی                |
| ۳۲۴..... | متغیرها و ثابت های داخلی     |
| ۳۲۵..... | روش نمایش اعداد              |
| ۳۲۶..... | ضریب مقیاس در نمایش اعداد    |
| ۳۲۶..... | عملگرهای آرایه ای            |
| ۳۲۸..... | عملگرهای رابطه ای (نسبتی)    |
| ۳۲۸..... | عملگرهای منطقی               |
| ۳۲۸..... | برخی توابع داخلی             |
| ۳۳۲..... | اعداد و متغیرهای مختلط       |
| ۳۳۳..... | اندیس اعضاء ماتریس           |
| ۳۳۴..... | ماتریس های پایه              |
| ۳۳۵..... | اعمال تغییرات روی ماتریس ها  |

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۳۳۶ | عملگرهای ماتریسی                                                  |
| ۳۳۸ | استخراج ماتریس از ماتریس دیگر                                     |
| ۳۳۹ | توابع عمل کننده بر مجموعه عناصر ماتریس                            |
| ۳۳۹ | ماتریس های نمونه                                                  |
| ۳۴۰ | ماتریس سه بعدی                                                    |
| ۳۴۰ | بردار                                                             |
| ۳۴۱ | دریافت ورودی از کاربر                                             |
| ۳۴۲ | ارسال خروجی                                                       |
| ۳۴۳ | صفحه های محتصات                                                   |
| ۳۴۳ | رسم منحنی                                                         |
| ۳۵۳ | ساختارهای تصمیم                                                   |
| ۳۵۵ | ساختارهای تکرار                                                   |
| ۳۵۷ | ریاضیات نمادین                                                    |
| ۳۶۰ | حل معادلات                                                        |
| ۳۶۲ | ضرب و تقسیم چند جمله ای ها                                        |
| ۳۶۲ | بسط به کسرهای جزئی                                                |
| ۳۶۳ | تبدیل لاپلاس و معکوس تبدیل لاپلاس                                 |
| ۳۶۴ | بخش دوم: کاربرد متلب در مهندسی کنترل                              |
| ۳۶۴ | نمایش سیستم ها                                                    |
| ۳۶۶ | تبدیل انواع نمایش سیستم ها                                        |
| ۳۶۷ | نمایش و ساده سازی دیاگرام بلوکی                                   |
| ۳۶۹ | حذف صفر و قطب                                                     |
| ۳۷۰ | پاسخ پله                                                          |
| ۳۷۱ | اثر افزایش $\omega_n$ و $\zeta$ بر پاسخ پله سیستم مرتبه دوم نمونه |
| ۳۷۳ | اثر افزودن صفر و قطب به تابع تبدیل حلقه بسته                      |
| ۳۷۴ | تعیین مشخصات و پارامترهای پاسخ زمانی                              |
| ۳۷۵ | پاسخ ضربه                                                         |
| ۳۷۷ | پاسخ شیب                                                          |
| ۳۷۷ | پاسخ سیستم ها به ورودی دلخواه                                     |

|          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| ۳۷۹..... | پاسخ سیستم ها به شرایط اولیه.....                               |
| ۳۸۰..... | مکان هندسی ریشه ها.....                                         |
| ۳۸۲..... | مکان هندسی ریشه ها بر روی شبکه قطبی.....                        |
| ۳۸۳..... | تعیین بهره در نقطه ی خاصی از مکان هندسی ریشه ها.....            |
| ۳۸۴..... | مکان هندسی ریشه های سیستم های غیر حداقل فاز.....                |
| ۳۸۵..... | رسم دیاگرام های بود.....                                        |
| ۳۸۷..... | رسم دیاگرام نایکوئیست.....                                      |
| ۳۸۹..... | رسم دیاگرام نیکولز.....                                         |
| ۳۹۰..... | حاشیه فاز و حاشیه بهره.....                                     |
| ۳۹۱..... | تعیین اوج تشدید و فرکانس تشدید.....                             |
| ۳۹۲..... | طراحی کنترل کننده های کلاسیک.....                               |
| ۳۹۲..... | ابزار نمایش <i>Tlviewer</i> .....                               |
| ۳۹۶..... | ابزار طراحی <i>SISO</i> .....                                   |
| ۴۱۶..... | تمرین های فصل نهم.....                                          |
| ۴۲۱..... | پیوست الف: تقریب خطی سیستم های غیر خطی.....                     |
| ۴۲۵..... | پیوست ب: تبدیل لاپلاس.....                                      |
| ۴۲۹..... | پیوست پ: الفبای یونانی.....                                     |
| ۴۳۱..... | پیوست ت: معیارهای شاخص خطا و تنظیم کنترل کننده <i>PID</i> ..... |
| ۴۳۵..... | مراجع.....                                                      |
| ۴۳۷..... | واژه نامه فارسی به انگلیسی.....                                 |

تلاش اولیه بشر برای درک زمان و تعیین موقعیت خود در شبانه روز از اولین گام ها در طراحی سیستم های کنترل است که به ساخت ساعت های آبی منجر گردید. با وقوع انقلاب صنعتی در اروپا کوره ها، بویلرها، موتورهای بخار پیشرفته و رگولاتورهای شناور طراحی شدند که امکان کنترل آنها توسط سیستم های ساده امکان پذیر نبود، لذا سیستم های کنترل پیشرفته تری پس از انقلاب صنعتی طراحی شدند.

نظریه کنترل کلاسیک که در دهه های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ بر مبنای تابع تبدیل سیستم ها و پاسخ فرکانسی به طراحی سیستم های کنترل با هدف پایدارسازی و کاهش خطای حالت ماندگار سیستم های ساده یک ورودی-یک خروجی می پرداخت، روی روش ها و اصولی است که شناخت و مطالعه آن ها به منظور ورود به مباحث پیشرفته کنترل لازم و ضروری می باشد.

درس سیستم های کنترل خطی که به تدریس و طراحی سیستم های خطی تغییرناپذیر با زمان یک ورودی-یک خروجی می پردازد، در مقطع کارشناسی برای گرایش های مختلف مهندسی برق و رشته های مهندسی همچون مکانیک، شیمی و هوافضا تدریس می شود. این درس دروازه ورود به مطالعات پیشرفته تر مهندسی کنترل همچون کنترل مدرن، کنترل بهینه، کنترل تطبیقی، کنترل مقاوم و بسیاری دروس دیگر در زمینه های دیگر مهندسی به ویژه مهندسی کنترل می باشد.

مطالب این کتاب در نه فصل مطابق با سرفصل های مصوب برای درس سیستم های کنترل خطی تدوین شده است. فصل اول به معرفی اصول و تعاریف اولیه در مهندسی کنترل می پردازد. در فصل دوم پس از معرفی انواع روش های نمایش به مدلسازی سیستم های فیزیکی پرداخته می شود. فصل سوم به بررسی و تحلیل پاسخ گذرای سیستم ها پرداخته و در فصل چهارم پس از معرفی آرایه های حالت به تحلیل پایداری سیستم ها خواهیم پرداخت. فصل پنجم به بررسی پاسخ حالت ماندگار سیستم ها و مفاهیم خطای حالت ماندگار اختصاص دارد. فصل ششم، تحلیل سیستم ها با استفاده از مکان هندسی ریشه ها را شرح می دهد. در فصل هفتم به بررسی پاسخ فرکانسی سیستم ها، انواع دیاگرام های پاسخ فرکانسی، تجزیه و تحلیل دیاگرام ها و بررسی پایداری به کمک پاسخ فرکانسی خواهیم پرداخت. پس از آشنایی کامل با روش های تحلیل سیستم ها، در فصل هشتم به بررسی ویژگی جبرانسازهای مختلف و ساختارهای مختلف کنترل پرداخته و فرآیند طراحی کنترل کننده را با هدف دستیابی به خواسته های طراحی پیش می گیریم. بخش اول از فصل نهم به معرفی مفاهیم اولیه، دستورات و توابع ریاضی در نرم افزار *MATLAB*

اختصاص دارد و در بخش دوم به بررسی توابع و جعبه ابزارهای تحلیل سیستم های کنترل در نرم افزار MATLAB می پردازد.

شرح کامل مطالب درسی به زبانی ساده و روان، بررسی نزدیک به ۱۰۰ مسئله با حل تشریحی کامل و انبوهی از مثال های نرم افزاری موجب می شود دانشجویان پس از مطالعه این کتاب از مطالعه سایر کتب بی نیاز شده، بر مباحث پایه ای در کنترل کلاسیک تسلط یافته و آماده فراگیری مباحث پیشرفته تر در مهندسی کنترل شوند.

کتاب حاضر می تواند به عنوان مرجع در درس سیستم های کنترل خطی راهگشای دانشجویان مقطع کارشناسی گرایش های مختلف مهندسی برق و سایر رشته های مهندسی باشد. همچنین دانشجویان محترم می توانند از فصل نهم این کتاب در درس آزمایشگاهی سیستم های کنترل خطی بهره ببرند.

از خوانندگان محترم انتظار می رود پیش از آغاز مطالعه این کتاب با مفاهیم ریاضیات پایه و عمومی، معادلات دیفرانسیل و تبدیل لاپلاس آشنایی کافی پیدا کنند. کتاب تبدیل لاپلاس/برای مهندسی به عنوان مکمل این کتاب برای تالیف باری دهنده دانشجویان در درک مفاهیم تبدیل لاپلاس باشد.

از سرکار خانم مهندس زهرا اتمی که پیش نویس های اولیه را مطالعه و نظرات سازنده ای در ویرایش نهایی کتاب ارائه نمودند، صمیمانه تشکر و سپاس می شود. همچنین، از دانشجویان گرامی آقایان مهدی نیازکار، حامد کشتکار و سید مهدی حسینی که در فرآیند آماده سازی کتاب تلاش شایانی نمودند، تشکر به عمل می آید.

در خاتمه از جناب آقای علیرضا فرهنگ، مدیریت محترم نشر دانشگاهی فرهنگ که در فرآیند چاپ و نشر کتاب از هیچ کوششی دریغ نکردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از کلیه خوانندگان، استادان ارجمند، مهندسان گرامی دانشجویان عزیز تقاضا داریم؛ نظرات، انتقادات، پیشنهادات و اشکالات احتمالی کتاب را از طریق وب سایت شخصی مهندس مجید زارع به آدرس [www.majidzare.ir](http://www.majidzare.ir) به اطلاع مولفین برسانند.

**با آرزوی توفیق**

**مجید زارع - محمدرضا اکبری زاده**

**بهمن ماه ۱۳۹۶**