

بسم الله الرحمن الرحيم

سیستم‌های کنترل خطی

مؤلفان:

امیر هوشنگ حزینار حامد ابراهیمی ملاباشی



دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۹۵

سرشناسه: مزینان، امیرهوشنگ، ۱۳۴۳ -

عنوان و نام پدیدآور: سیستم‌های کنترل خطی / مؤلفان: امیرهوشنگ مزینان - حامد ابراهیمی ملاباشی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهری: ۴۵۸ص. : جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۳۵۵-۳

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

موضوع: سیستم‌های کنترل خطی - راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع: Linear control systems -- Study and teaching (Higher)

موضوع: سیستم‌های کنترل خطی - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

موضوع: Linear control systems -- Problems, exercises, etc. (Higher)

شناسه افزوده: ابراهیمی ملاباشی، حامد، ۱۳۶۷ -

شناسه افزودنی: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

بندی: بکره: ۱۳۹۵ س۹/م۴/TJ۲۲۰

رده: ی دیویی: ۶۲۹/۸۳۲۰۷

شماره کتابشناسی ملی: ۴۴۵۰۴۷



سیستم‌های کنترل خطی

مؤلفان: امیرهوشنگ مزینان، حامد ابراهیمی ملاباشی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

رئیس انتشارات: فرشته حاجی‌زاده

ویراستار: مونا طلاگر

طراح جلد: مهسا گندم‌کار یارندی

چاپ اول: ۱۳۹۵

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۳۵۵-۳ ISBN: 978-964-10-4355-3

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ دانشگاه آزاد اسلامی

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نشانی فروشگاه کتاب: خیابان شریعتی، بین اتوبان همت و حسینیه ارشاد، روبه‌روی شهرداری منطقه ۳،

دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب، تلفن: ۲۲۸۹۵۸۵۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ «ن والقلم و ما یسطرون»

سخن ناشر

بی تردید تعالی علمی و فرهنگی کشور، بازتاب میزان تفکری است که فرهیختگان در مقام عمل به منصه ظهور می‌رسانند. در این بین، مهم‌تر و حساس‌تر از همه، رسالت عالمان و علم‌جویان است. این رسالت، همان‌گونه که در جهت پرورش استعداد های فردی، با قرائت و مطالعه انجام می‌گیرد، برای پیشبرد اهداف اجتماعی و تعالی فرهنگی، با کتابت و مباحثه نیز محقق می‌شود.

از این‌رو، یکی از مسئولیت‌های مهم مراکز فرهنگی در کنار تعلیم و تربیت، نشر آثار علمی است. معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب، برای ارتقای سطح علمی دانشجویان و تنویر افکار دانش‌پژوهان، به چاپ کتاب سیستم‌های کنترل خطی اقدام کرده است؛ با این امید که با استمرار فعالیت‌های انتشاراتی، بتواند گامی در راه رشد و بالندگی فرهنگی بردارد.

کتاب پیش رو می‌تواند عنوان مناسب جامع برای رشته‌های مهندسی برق، مکانیک، شیمی و مهندسی پزشکی معرفی شود. هدف اصلی کتاب ارائه بررسی مسائل مربوط به سیستم‌های کنترل خطی در مقطع کارشناسی و آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد است. در این کتاب سعی شده است با زبانی ساده و روان اصول اولیه و مهم در تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل خطی، مطابق با سرفصل‌های وزارت علوم برای خوانندگان ارائه شود. در انتهای هر فصل برای تثبیت آموخته‌ها، به حل مسائل و سلف تألیفی و پاره‌ای از سؤالات کنکور کارشناسی ارشد و دکتری ادوار گذشته پرداخته شده است.

پیش از هر چیز، شایسته است از عنايات ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب، استادان ارجمند و نیز از دست‌اندرکاران ویرایش، حروف‌چینی و چاپ کتاب تشکر و تشکر به عمل آید. از صاحب‌نظران گرامی خواهشمند است با ارائه پیشنهاد های خود، در جهت اصلاح نواقص احتمالی این کتاب و تهیه مطالب مناسب متون درسی دانشگاهی، انتشارات این واحد را یاری کنند. امید است این اثر علمی مورد استفاده استادان و دانش‌پژوهان قرار گیرد.

و من الله التوفیق و علیه التکلان

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

پیشگفتار.....	۱۵
---------------	----

فصل اول: علم کنترل و مفهوم آن

مقدمه.....	۱۷
۱-۱. تاریخچه علم کنترل.....	۱۸
۲-۱. تعاریف.....	۲۰
۳-۱. دسته‌بندی سیستم‌ها.....	۲۲
۴-۱. طراحی سیستم‌های کنترل.....	۲۳
۵-۱. دسته‌بندی سیستم‌های کنترل از نظر نقطه تنظیم.....	۲۴
۶-۱. دسته‌بندی سیستم‌های کنترل از نظر عملکرد.....	۲۵
۷-۱. آرایش‌های کنترلی.....	۲۵
۱-۷-۱. سیستم‌های کنترل حلقه باز.....	۲۶
۲-۷-۱. سیستم‌های کنترل حلقه بسته.....	۲۶
۳-۷-۱. سیستم‌های کنترل پیش‌رو.....	۲۸
جمع‌بندی.....	۲۸
تمرینات فصل اول.....	۲۹

فصل دوم: مدل‌سازی و نمایش سیستم‌های خطی

مقدمه.....	۳۱
۱-۲. تبدیلات لاپلاس.....	۳۲
۱-۱-۲. لاپلاس توابع پر کاربرد.....	۳۳
۲-۱-۲. خواص تبدیلات لاپلاس.....	۳۷
۳-۱-۲. معکوس لاپلاس.....	۳۸
۱-۳-۱-۲. بسط تابع به کسره‌های جزئی.....	۳۹
۲-۲. نمایش ریاضی سیستم‌های خطی پیوسته.....	۴۳
۱-۲-۲. معادلات دیفرانسیل.....	۴۴
۲-۲-۲. فضای حالت.....	۴۴
۱-۲-۲-۲. نمایش معادلات فضای حالت.....	۴۶
۳-۲-۲. تابع تبدیل سیستم‌های خطی.....	۴۹
۳-۲. ارتباط بین تابع تبدیل و فضای حالت.....	۵۱
۴-۲. نمایش ترسیمی سیستم‌های خطی.....	۵۳

۵۳.....	۱-۴-۲. نمایش نمودار جعبه‌ای.....
۵۴.....	۱-۴-۲. نمایش تابع تبدیل سیستم حلقه بسته.....
۵۵.....	۲-۴-۲. نمایش تابع تبدیل سیستم سری یا متوالی.....
۵۵.....	۳-۴-۲. نمایش تابع تبدیل سیستم موازی.....
۵۶.....	۴-۴-۲. ساده‌سازی نمودارهای جعبه‌ای.....
۵۹.....	۲-۴-۲. نمایش گذر سیگنال سیستم.....
۶۰.....	۱-۴-۲. عملیات جبری روی نمودارهای گذر سیگنال.....
۶۰.....	۵-۲. قاعده میسون.....
۶۵.....	۵-۲. سیستم نمودار حالت.....
۶۶.....	۱-۶-۲. تعیین معادلات حالت با استفاده از نمودار حالت.....
۶۷.....	۲-۲. مدل ریاضی سیستم‌ها.....
۶۷.....	۱-۴-۲. مدل‌سازی مکانیکی.....
۷۲.....	۲-۷-۲. مدل‌سازی الکتریکی.....
۷۶.....	۳-۷-۲. شباهت سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی.....
۷۸.....	۴-۷-۲. مدل‌سازی سیستم‌های الکترومکانیکی.....
۸۰.....	۵-۷-۲. مدل چرخ‌دنده و میل به مبدأ پرخشی.....
۸۲.....	۶-۷-۲. مدل‌سازی موتور DC.....
۸۳.....	۱-۶-۷-۲. سرو موتور DC با کنترل میدا تحریک.....
۸۵.....	۲-۶-۷-۲. سرو موتور DC با کنترل آلفا پیر.....
۸۵.....	۷-۷-۲. فرایندهای حرارتی.....
۸۷.....	۸-۷-۲. خطی‌سازی سیستم‌های غیرخطی.....
۸۹.....	۹-۷-۲. فرایندهای انتقال سیال.....
۹۰.....	۱-۹-۷-۲. فرآیند تراکم‌ناپذیر.....
۹۱.....	۲-۹-۷-۲. فرآیند تراکم‌پذیر.....
۹۲.....	۱۰-۷-۲. مدل‌سازی فرآیندی.....
۱۰۲.....	مسائل حل‌شده فصل دوم.....
۱۱۲.....	تمرینات فصل دوم.....

فصل سوم: پاسخ زمانی سیستم‌های خطی

۱۱۷.....	مقدمه.....
۱۱۸.....	۱-۳. مفهوم پاسخ زمانی.....
۱۱۸.....	۱-۱-۳. تعاریف.....

۱۲۱	۲-۱-۳. پاسخ حالت ماندگار و پاسخ حالت گذرا
۱۲۱	۲-۳. پاسخ سیستم مرتبه اول به ورودی‌های مختلف
۱۲۲	۱-۲-۳. پاسخ پله سیستم مرتبه اول
۱۲۳	۲-۲-۳. پاسخ شیب سیستم مرتبه اول
۱۲۴	۳-۲-۳. پاسخ ضربه سیستم مرتبه اول
۱۲۵	۳-۳. سیستم‌های مرتبه دوم
۱۲۶	۱-۳-۳. پاسخ پله سیستم مرتبه دوم به ازای مقادیر مختلف میرایی
۱۳۱	۴-۳. معارهای عملکرد سیستم مرتبه دوم
۱۴۱	۵-۳. پاسخ ضربه سیستم مرتبه دوم
۱۴۳	۶-۳. پاسخ شیب سیستم مرتبه دوم
۱۴۴	۷-۳. خطای حالت ماندگار
۱۴۵	۱-۷-۳. مع سبب خطای حالت ماندگار سیستم به ازای ورودی‌های مختلف
۱۴۹	۸-۳. بهینه‌سازی با معیار انتگرال زمانی خطا
۱۵۱	۹-۳. اثر صفرها و قطب‌ها در سیستم‌های کنترل
۱۵۱	۱-۹-۳. اثر افزودن قطب به تابع تبدیل حلقه باز
۱۵۲	۲-۹-۳. اثر افزودن قطب به تابع تبدیل حلقه بسته سیستم
۱۵۳	۳-۹-۳. اثر افزودن صفر به تابع تبدیل حلقه بسته سیستم
۱۵۴	۴-۹-۳. اثر افزودن صفر به تابع تبدیل حلقه باز
۱۵۵	۱۰-۳. قطب‌های غالب
۱۵۶	۱۱-۳. حساسیت سیستم
۱۵۸	۱-۱۱-۳. انواع حساسیت
۱۵۹	۱۲-۳. پایداری سیستم‌های خطی
۱۶۰	۱-۱۲-۳. انواع پایداری سیستم
۱۶۱	۲-۱۲-۳. تعیین پایداری با پاسخ ضربه $h(t)$
۱۶۱	۱۳-۳. معیار پایداری سیستم
۱۶۲	۱-۱۳-۳. معیار پایداری راث - هرویتز
۱۶۵	۲-۱۳-۳. حالات خاص در جدول راث - هرویتز
۱۶۷	۳-۱۳-۳. ارتباط بین سطر صفر و آرایش قطب‌ها
۱۶۹	جمع‌بندی
۱۷۰	مسائل حل‌شده فصل سوم
۱۹۲	تمرینات فصل سوم

فصل چهارم: مکان هندسی ریشه‌ها

۱۹۹	 مقدمه
۲۰۰	 ۱-۴. معرفی مکان هندسی سیستم‌ها
۲۰۰	 ۲-۴. شرط زاویه و شرط اندازه
۲۰۱	 ۳-۴. خواص مکان هندسی ریشه‌ها
۲۰۴	 ۴-۴. مراحل رسم مکان هندسی ریشه‌ها
۲۰۸	 ۵-۴. اثر اضافه کردن قطب به تابع تبدیل حلقه باز در نمودار مکان هندسی
۲۰۹	 ۶-۴. اثر اضافه کردن صفر به تابع تبدیل حلقه باز در نمودار مکان هندسی
۲۰۹	 ۷-۴. حساسیت مکان هندسی ریشه به بهره K
۲۱۰	 ۸-۴. مکان هندسی سیستم‌های تأخیردار
۲۱۲	 ۹-۴. مکان هندسی سیستم با فیدبک مثبت
۲۱۴	 جمع‌بندی
۲۱۹	 مسائل حل‌شده فصل چهارم
۲۲۷	 تمرینات فصل چهارم

فصل پنجم: پاسخ فرکانسی سیستم‌ها

۲۴۱	 مقدمه
۲۴۲	 ۱-۵. تعریف پاسخ فرکانسی
۲۴۴	 ۱-۱-۵. مشخصه‌های پاسخ فرکانسی سیستم
۲۴۴	 ۲-۵. نمودار بُود
۲۴۶	 ۱-۲-۵. رسم عامل‌های نمودار بود
۲۵۱	 ۲-۲-۵. نمودار بود سیستم‌های تأخیردار
۲۵۶	 ۳-۲-۵. تعیین خطا با کمک نمودار بود
۲۶۰	 مسائل حل‌شده نمودار بود
۲۶۹	 تمرینات نمودار بود
۲۷۳	 ۳-۵. نمودار قطبی یا نایکوئیست
۲۷۳	 ۱-۳-۵. رسم عامل‌های نمودار قطبی
۲۷۶	 ۲-۳-۵. نمودار قطبی سیستم‌های تأخیردار
۲۷۸	 ۳-۳-۵. منحنی نایکوئیست
۲۷۸	 ۴-۳-۵. ترسیم مسیرها در صفحه S
۲۸۱	 ۵-۳-۵. معیار پایداری نایکوئیست
۲۸۷	 ۶-۳-۵. آثار اضافه کردن صفر و قطب به نمودار نایکوئیست

۲۸۸.....	۷-۳-۵. ارتباط پاسخ پله با نمودارهای بود و نایکوئیست
۲۹۲.....	مسائل حل شده منحنی نایکوئیست و معیار پایداری
۳۰۶.....	تمرینات منحنی نایکوئیست
۳۰۸.....	۴-۵. مشخصه‌های عملکرد سیستم براساس پاسخ فرکانسی
۳۰۸.....	۱-۴-۵. مفاهیم حاشیه پایداری
۳۰۸.....	۱-۴-۵. حاشیه بهره (GM)
۳۰۹.....	۲-۴-۵. حاشیه فاز (PM)
۳۱۱.....	۳-۴-۵. تعیین حد بهره، حد فاز و پایداری با استفاده از نمودار بود
۳۱۲.....	۴-۵. فرکانس قطع و پهنای باند و نرخ قطع
۳۱۴.....	۵-۵. مکان هندسی دامنه ثابت و فاز ثابت
۳۱۴.....	۱-۵-۵. مکان هندسی دامنه ثابت
۳۱۵.....	۲-۵-۵. مکان هندسی فاز ثابت
۳۱۸.....	۶-۵. نمودار نیکولز
۳۱۸.....	۱-۶-۵. ترسیم نمودار نیکولز
۳۱۹.....	۲-۶-۵. تعیین حاشیه فاز بهره نمودار نیکولز
۳۲۱.....	جمع‌بندی
۳۲۲.....	مسائل حل شده حاشیه بهره، فاز و پهنای باند
۳۳۰.....	تمرینات حاشیه بهره، فاز و پهنای باند

فصل ششم: کنترل کننده‌ها و جبران‌سازها

۳۳۵.....	مقدمه
۳۳۶.....	۱-۶. معرفی جبران‌ساز
۳۳۶.....	۱-۱-۶. آرایش جبران‌سازها
۳۳۸.....	۲-۱-۶. انتخاب و طراحی جبران‌ساز
۳۳۸.....	۳-۱-۶. جبران‌ساز پیش‌فاز
۳۴۱.....	۱-۳-۱-۶. خصوصیات جبران‌سازهای پیش‌فاز
۳۴۱.....	۲-۳-۱-۶. مراحل طراحی جبران‌ساز پیش‌فاز
۳۴۵.....	۴-۱-۶. جبران‌ساز پس‌فاز
۳۴۶.....	۱-۴-۱-۶. خصوصیات جبران‌سازهای پس‌فاز
۳۴۷.....	۲-۴-۱-۶. مراحل طراحی جبران‌ساز پس‌فاز
۳۵۰.....	۵-۱-۶. جبران‌ساز پس - پیش‌فاز
۳۵۲.....	۲-۶. طراحی جبران‌ساز به کمک نمودار مکان هندسی

۳۵۲	۱-۲-۶. طراحی جبران‌ساز پیش‌فاز به کمک نمودار مکان هندسی
۳۵۸	۲-۲-۶. طراحی جبران‌ساز پس‌فاز به کمک نمودار مکان هندسی
۳۶۲	۳-۶. مقایسهٔ جبران‌سازها
۳۶۲	۴-۶. کنترل‌کننده‌ها
۳۶۲	۱-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ تناسبی (P)
۳۶۴	۲-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ انتگرالی (I)
۳۶۵	۳-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ مشتقی (D)
۳۶۵	۴-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ تناسبی - مشتقی (PD)
۳۶۸	۵-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ تناسبی - انتگرالی (PI)
۳۷۰	۶-۴-۶. کنترل‌کنندهٔ تناسبی - انتگرالی - مشتقی (PID)
۳۷۱	۱-۴-۶. آرایش‌های اصلاح‌شده کنترل‌کنندهٔ PID
۳۷۳	۲-۴-۶. شکل استاندارد کنترل‌کنندهٔ PID
۳۷۴	۳-۴-۶. محدودیت‌های کنترل‌کننده‌های PID
۳۷۶	۵-۶. تقریب سیستم‌های پیچیده بالا
۳۷۶	۱-۵-۶. تقریب با استفاده از پادخام
۳۷۸	۲-۵-۶. تقریب با استفاده از روش کلاسن
۳۷۸	۳-۵-۶. تقریب با استفاده از روش بوگستاد
۳۷۹	۶-۶. تنظیم ضرایب کنترل‌کنندهٔ PID
۳۷۹	۱-۶-۶. روش اول زیگلر - نیکولز (میرایه یک‌بارم)
۳۸۰	۲-۶-۶. روش دوم زیگلر - نیکولز (معیار مرز پایداری)
۳۸۲	۳-۶-۶. روش کوهن - کن (C-C)
۳۸۴	۴-۶-۶. روش CHR
۳۸۶	جمع‌بندی
۳۸۷	مسائل حل‌شدهٔ فصل ششم
۴۰۶	تمرینات فصل ششم

فصل هفتم: کاربرد متلب در کنترل

۴۰۹	مقدمه
۴۱۰	۱-۷. آشنایی با محیط متلب
۴۱۷	۲-۷. آشنایی با محیط شبیه‌سازی متلب
۴۲۰	۴-۶-۶. آشنایی با Sisotool
۴۲۱	۴-۷. رسم نمودار در متلب

۴۲۵	مسائل حل شده فصل هفتم
۴۴۲	جمع بندی
۴۴۳	تمرینات فصل هفتم
۴۴۵	فهرست منابع و مآخذ

www.ketab.ir

پیشگفتار

امروزه علم کنترل با زندگی روزمره انسان‌ها با هر میزان آگاهی به‌طور مستقیم یا با واسطه ارتباط دارد. نقش بارز مهندسی کنترل در پیشرفت‌های صد سال اخیر در علوم هوافضا، ماشین‌آلات عظیم صنعتی، بهینه‌سازی مصرف و بهره، سبب شده است که مجامع علمی توجه ویژه‌ای به این دانش داشته باشند. در سال‌های اخیر علم کنترل حتی پا را فراتر از علوم مهندسی گذاشته و در علوم اقتصادی، مدیریت، پزشکی و بیولوژی مانند شبیه‌سازی رفتار سیستم کنترلی بدن انسان در ارسال و دریافت سیگنال‌های مغزی، رشد و پیشرفت قابل ملاحظه‌ای کرده است. تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل خطی گام نخست برای آشنایی مهندسان و علاقه‌مندان به مهندسی کنترل است که در این کتاب به این موضوع پرداخته می‌شود.

کتاب حاضر به عنوان یک کتاب جامع و مفید در مهندسی سیستم‌های کنترل خطی برای دانشجویان مهندسی (برق، مکانیک، هوافضا، شیمی و مهندسی پزشکی) و آماده‌سازی آنها برای کنکور کارشناسی ارشد تألیف شده است. دروس پیش‌نیاز این کتاب، ریاضیات مهندسی، تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و ماشین‌های الکتریکی است. در ابتدای هر فصل از این کتاب کلیات، روابط و کاربردهای آنها در مسائل کنترلی با زبانی ساده توضیح داده شده است. سپس برای تثبیت آموخته‌ها مثال‌های مختلف تألیفی و کنکور ادوار گذشته، حل شده و برای آزمایش میزان یادگیری خواننده، تمرینات (حل نشده) در انتهای کتاب گنجانده شده است.

کتاب پیش‌رو مشتمل بر هفت فصل است، که محتوای آن با تکیه بر تجربه سال‌ها تدریس دروس مهندسی کنترل و فعالیت در صنایع پتروشیمی، تألیف شده است. در فصل اول به معرفی مهندسی کنترل در صنعت و مفاهیم اولیه پرداخته شده است. فصل دوم شامل: تبدیلات لاپلاس، مدل‌سازی سیستم‌های الکتریکی، مکانیکی، فرآیندهای شیمیایی و همچنین نحوه نمایش سیستم‌های خطی به صورت جعبه‌ای و فضای حالت است. در فصل سوم، سیستم‌های مرتبه اول، دوم و پاسخ آنها به ورودی‌های آزمون پله، شیب و شتاب بررسی و در ادامه انواع پایداری سیستم‌های

خطی مانند پایداری ورودی محدود - خروجی محدود، پایداری مجانبی، پایداری لیپانوف و غیره معرفی شده است. در نهایت روش جدول راث - هرویتز برای بررسی سریع وضعیت پایداری ارائه شده است. تحلیل و قواعد رسم مکان هندسی ریشه‌ها برای سیستم‌های مینیمم‌فاز، نامینیمم‌فاز، سیستم‌های تأخیردار و سیستم‌های با فیدبک مثبت در فصل چهارم آورده شده است. پاسخ فرکانسی سیستم‌ها شامل نمودارهای بود، نایکوئیست، نیکولز و مشخصه‌های عملکرد سیستم مانند: پهنای باند، حاشیه فاز و بهره در فصل پنجم بررسی شده است. در فصل ششم انواع کنترل‌کننده‌ها، جبران‌سازها و طراحی آنها به روش‌های مختلف فرکانسی و مکان هندسی ارائه شده است؛ همچنین نحوه تعین ضریب کنترل‌کننده‌ها به روش‌های مختلف زیگلر - نیکولز، کوهن - کن و غیره بیان شده است. در نهایت، در فصل هفتم به معرفی نرم‌افزار متلب و شبیه‌سازی پاره‌ای از مسائل حل‌شده در کتاب با استفاده از این نرم‌افزار پرداخته شده است.

در پایان از کلیه ریزان که تلاش آنها به تألیف و چاپ این کتاب منجر شده است، تشکر و قدردانی می‌شود. از دکتر خادم دکترا مهسا خیرالهی‌وش که بررسی کلی از تمام مطالب کتاب به عمل آوردند و توضیحات سازنده‌ای در بخش‌های متعددی از کتاب ارائه کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود. نویسندگان، نظرات و پیشنهادات ارزشمند شما را به‌منظور بهبود کیفیت کتاب پاس می‌دارند.

حامد ابراهیمی ملاماشی
hamed_ebrahimi@aol.com

امیرهوشنگ مزینان
mazinan@azad.ac.ir