

اصول و روش‌های کنترل صنعتی

همراه با cd نرم‌افزار

(این کتاب مناسب برای روی تمامی ویندوزهای xp و 7 و 8 و ...)

ویرایش جدید

تألیف :

دکتر سید علی اکبر صفوی

(استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز)

مهندس محمد رضوانی

(کارشناس مهندسی کنترل در صنایع)

سرشناسه : صفوی، علی اکبر
 عنوان و نام پدیدآور : اصول و روشهای کنترل صنعتی / علی اکبر صفوی، محمد رضوانی.
 مشخصات نشر: تهران: پژوهشگران نشر دانشگاهی، ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری : ۳۷۶ ص: مصور.
 شابک : ۱۷۵۰۰۰ ریال ۶-۷۵-۸۷۷۱-۹۶۴-۹۷۸
 وضعیت فهرست نویسی : فیپا
 یادداشت : کتابنامه.
 موضوع : کنترل الکترونیکی
 موضوع : الکترونیک صنعتی
 موضوع : کنترل فرایندها
 ششسه افزوده : رضوانی، محمد، ۱۳۵۳-
 رده بندی : ۱۳۹۲ الف ۷ ص ۷/TKY881
 رده بندی : 629/89
 شماره کتابشناسی : 3342741

مؤسسه انتشاراتی پژوهشگران نشر دانشگاهی

نام کتاب :	اصول و روشهای کنترل صنعتی
مؤلفین :	دکتر سیدعلی اکبر صفوی، محمد رضوانی
ناشر :	مؤسسه انتشاراتی پژوهشگران نشر دانشگاهی
چاپ :	منصور
نوبت چاپ :	اول ویرایش جدید ۱۳۹۳
تیراژ :	۱۰۰۰ نسخه
قیمت :	۱۷۵۰۰۰ ریال (همراه با CD)
لیتوگرافی :	فرانکش
شابک :	۹۷۸-۹۶۴-۸۷۷۱-۷۵-۶

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۱۲ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر، پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

مراکز فروش:

پخش کتاب علوم پویا: میدان انقلاب - خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، بین خیابان ژان و خیابان وحید نظری، پن بست بهاره، پلاک ۱
 تلفن: ۶۶۹۶۰۷۷۲ و ۶۶۴۱۹۵۶۷ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲
 پخش کتابی دانشیران: خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) - نیش خیابان وحید نظری - پلاک ۱۴۲
 تلفن: ۶۶۴۰۰۱۴۴-۶۶۴۱۶۶۷۶
 علم گستر سپاهان: ۹-۳۱۱-۲۲۱۹۹۷۸
 تلفن انتشارات: ۶۶۹۷۰۳۳۷ - ۶۶۴۸۷۰۵۲ - ۰۹۳۶۱۴۵۹۵۰۵

ای دو جهان از قلمت یک رقم	بی قلمت لوح دو عالم عدم
در کف ما مشعل توفیق نه	ره به نهان خانه تحقیق ده
شع زبانه سخن افروز ساز	شام جهان را زسخن روز ساز

با سپاس از خداوند مهربان و سلام بر تمامی مخاطبین گرامی کتابی را که در پیش روی شما قرار گرفته با توجه به اهداف این مؤسسه انتشاراتی جهت دسترسی مخاطبین گرامی به کتابهای مطالب علمی جدید، گردآوری شده است. مطمئناً در تهیه و تدوین چنین کتابهایی نظرات، پیشنهادات و انتقادات سازنده شما راه گشای ما در جهت دستیابی به مطالب علمی برتر و بهتر خواهد بود؛ از این رو امید داریم ما را از راهنمایی‌های ارزنده خود بی نصیب نگذاشته و اساتید و صاحب نظران علوم مهم علمی خصوصاً رشته‌های برق و الکترونیک ما در این راه یاری رسانند.

پیشاپیش از بذل محبت عزیزان مخاطب و صاحب نظران و اساتید گرامی تشکر نموده و دست این عزیزان را جهت تهیه آثاری برتر و بهتر به گرمی می‌فشاریم.

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۵
فصل اول : معرفی مفاهیم کنترل فرآیند	۱۵
۱-۱ مقدمه	۱۵
۲-۱ نگاه کلی صنعتی به یک مسأله کنترل	۱۶
۳-۱ اصول اول و اساسی عملکرد فرآیندهای صنعتی	۱۸
۴-۱ ابعاد و سلف صنعتی یک مسأله کنترل فرآیند	۲۰
۱-۴-۱ مسأله	۲۰
۲-۴-۱ استنتاج یک حل مؤثر	۲۱
۵-۱ متغیرهای یک فرآیند	۲۹
۶-۱ مفهوم یک سیستم کنترل فرآیند	۳۰
۱-۶-۱ عناصر سخت افزاری سیستم کنترل	۳۱
۲-۶-۱ ساختار سیستم کنترل	۳۳
۳-۶-۱ مباحثی بیشتر درباره سیستمهای کنترل	۳۶
۷-۱ نگاه کلی به طراحی سیستم کنترل	۳۶
۸-۱ برخی نکات پایانی	۳۷
سوالات پایان فصل	۴۰
فصل دوم : فرآیندهای صنعتی	۴۳
۱-۲ مقدمه	۴۳
۲-۲ سیستمهای سطح مایع	۴۳
۱-۲-۲ مقاومت و ظرفیت	۴۴
۲-۲-۲ مدلسازی سیستمهای سطح مایع	۴۶
۳-۲-۲ سیستمهای سطح مایع دارای اثر متقابل	۴۷
۴-۲-۲ کنترل سطح بوسیله پمپها	۴۹
۳-۲ سیستمهای حرارتی	۵۱
۴-۲ سیستمهای فشار	۵۵

۵۸	سؤالات و مسائل پایان فصل
۶۱	فصل سوم: خطی سازی سیستمهای غیر خطی
۶۱	۱-۳ مقدمه
۶۲	۲-۳ خطی سازی یک سیستم یک متغیره
۶۵	۳-۳ خطی سازی یک سیستم دو متغیره
۶۷	سؤالات و مسائل پایان فصل
۷۱	فصل چهارم: مدل سازی تجربی فرآیندها
۷۱	۱-۴ مقدمه
۷۲	۲-۴ مدل های درجه اول همراه با تأخیر زمانی
۷۳	۳-۴ مدل های مرتبه بالا
۷۸	سؤالات و مسائل پایان فصل
۷۹	فصل پنجم: کنترل کنش های فیدبک و روشهای تنظیم آنها
۷۹	۱-۵ مقدمه
۸۰	۲-۵ ویژگیهای عمومی سیستمهای فیدبک
۸۲	۳-۵ انواع کنترل فیدبک
۸۲	۱-۳-۵ کنترل کننده دو وضعیتی
۸۴	۲-۳-۵ کنترل کننده تناسبی
۸۶	۳-۳-۵ کنترل کننده انتگرالی
۸۷	۴-۳-۵ کنترل کننده مشتق گیر
۸۷	۵-۳-۵ کنترل کننده تناسبی + انتگرال گیر + مشتق گیر
۹۴	۴-۵ تنظیم کنترل کننده های PID
۹۴	۱-۴-۵ روشهای تنظیم زیگلر و نیکولز
۹۵	۱-۱-۴-۵ روش اول تنظیم (معیار میرایی یک چهارم)
۹۷	۲-۱-۴-۵ روش دوم تنظیم (معیار مرز پایداری)
۹۹	۲-۴-۵ تنظیم PID بر مبنای بهینه سازی معیارهای انتگرال زمانی خطا
۱۰۳	۳-۴-۵ روش دنبال کردن مدل در طراحی کنترل کننده PID
۱۰۵	۵-۵ ساختار کنترل کننده های PID صنعتی

۱-۵-۵	اصطلاحات فنی اساسی در کنترل کننده های PID	۱۰۶
۲-۵-۵	انواع ساختارهای صنعتی کنترل کننده های PID	۱۰۶
۱-۲-۵-۵	کنترل کننده PI	۱۰۷
۲-۲-۵-۵	کنترل کننده PID	۱۰۷
۳-۲-۵-۵	کنترل کننده PD	۱۰۸
۳-۵-۵	ساختار کلی کنترل کننده های PID	۱۰۹
۴-۵-۵	انتخاب موازی کنترل کننده PID	۱۱۰
۵-۴-۵	کنترل کننده PID با مشتق گیر در مسیر خروجی بدون اثر متقابل	۱۱۱
۵-۴-۵-۲	کنترل کننده PID با انتگرال گیر روی مسیر خطا	۱۱۲
۳-۴-۵-۵	شیب اساسی در کنترل کننده PID	۱۱۳
۴-۴-۵-۵	ساختار عمومی کنترل کننده موازی PID	۱۱۴
۵-۵-۵	ساختار سری PID	۱۱۵
۶-۵-۵	رابطه بین پارامترهای سازگار سری و موازی	۱۱۶
۱۱۶	سؤالات و مسائل پایان فصل	
۱۲۱	فصل ششم: حلقه های کنترل پیشرفته	
۱-۶	مقدمه	۱۲۱
۲-۶	کنترل پیشرو	۱۲۱
۳-۶	استراتژی کنترل پیشرو/فیدبک	۱۲۶
۴-۶	کنترل متداخل	۱۲۹
۵-۶	جبران کننده تأخیر زمانی (پیش بین اسمیت)	۱۳۴
۶-۶	کنترل کننده Decoupling برای سیستمهای چند متغیره	۱۳۹
۱-۶-۶	تابع تبدیل ماتریسی برای سیستمهای چند متغیره	۱۴۰
۲-۶-۶	طراحی کنترل کننده های فیدبک سیستمهای چند متغیره	۱۴۲
۱-۲-۶-۶	اندازه گیری اثر متقابل	۱۴۴
۲-۲-۶-۶	آرایه های بهره نسبی (RGA)	۱۴۷
۳-۲-۶-۶	انتخاب حلقه های کنترل	۱۴۸
۱۵۱	سؤالات و مسائل پایان فصل	

۱۶۳	فصل هشتم: انواع کنترل کننده های PID
۱۶۳	۱-۷ مقدمه
۱۶۳	۲-۷ کنترل کننده های نیوماتیک
۱۶۴	۱-۲-۷ اصول اساسی حاکم بر سیستمهای نیوماتیک
۱۶۵	۲-۲-۷ تقویت کننده دهانه- تیغه
۱۶۶	۳-۲-۷ رله های نیوماتیکی
۱۶۸	۴-۲-۷ کنترل کننده تناسبی نیوماتیکی از نوع نیرو- فاصله
۱۷۲	۵-۲-۷ کنترل کننده تناسبی از نوع نیرو- تعادل
۱۷۳	۶-۲-۷ نیروهای پیوسته
۱۷۵	۷-۲-۷ اصول اول برای بدست آوردن کنترل کننده مشتق گیر نیوماتیکی
۱۷۹	۸-۲-۷ بدست آوردن کنترل کننده تناسبی- انتگرالی نیوماتیکی
۱۸۱	۹-۲-۷ بدست آوردن کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتق گیر نیوماتیکی
۱۸۳	۳-۷ کنترل کننده های هیدرولیکی
۱۸۴	۱-۳-۷ سیستمهای هیدرولیکی
۱۸۵	۲-۳-۷ کنترل کننده های انتگرالی
۱۸۷	۳-۳-۷ کنترل کننده های تناسبی هیدرولیکی
۱۸۸	۴-۳-۷ ضربه گیر
۱۹۱	۵-۳-۷ بدست آوردن کنترل کننده تناسبی- انتگرال گیر هیدرولیکی
۱۹۲	۶-۳-۷ بدست آوردن کنترل کننده تناسبی- مشتق گیر هیدرولیکی
۱۹۴	۴-۷ کنترل کننده های الکترونیکی
۱۹۴	۱-۴-۷ تقویت کننده وارونساز
۱۹۶	۲-۴-۷ کنترل کننده PID با استفاده از تقویت کننده عملیاتی
۲۰۰	سوالات و مسائل پایان فصل
۲۰۵	فصل هشتم: بسترهای اجرایی کنترل صنعتی
۲۰۵	۱-۸ مقدمه
۲۰۶	۲-۸ کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی (PLC)
۲۰۹	۱-۲-۸ تشریح ساختمان داخلی PLC

- ۲-۲-۸ انتخاب یک واژه، PLC یا PCC..... ۲۱۲
- ۳-۲-۸ مقایسه PLC با سایر سیستمهای کنترل..... ۲۱۳
- ۴-۲-۸ برنامه نویسی PLC..... ۲۱۴
- ۱-۴-۲-۸ دیاگرام نردبانی..... ۲۱۵
- ۲-۴-۲-۸ برخی دستورالعمل های منطقی..... ۲۱۷
- ۳-۴-۲-۸ تخصیص دهی اعداد به ورودی ها و خروجی ها..... ۲۱۸
- ۴-۱-۲-۸ طراحی منطقی ترکیبی..... ۲۱۹
- ۳-۸ سیستم های کنترل توزیع شده (DCS)..... ۲۲۱
- ۱-۳-۸ نگرش های کلی به خودکارسازی واحدهای صنعتی..... ۲۲۱
- ۲-۳-۸ مفاهیم خودکارسازی بر اساس سیستمهای کامپیوتری..... ۲۲۲
- ۳-۳-۸ سیستمهای کنترل کامپیوتری توزیع شده (DCCS)..... ۲۲۳
- ۴-۳-۸ شناخت کلی اجزای یک سیستم کنترل توزیع شده..... ۲۳۲
- ۵-۳-۸ معماری سیستمهای کنترل توزیع شده..... ۲۳۸
- ۴-۸ شبکه های صنعتی فیلدباس..... ۲۴۲
- ۱-۴-۸ لایه های شبکه..... ۲۴۲
- ۲-۴-۸ توپولوژی های معروف شبکه..... ۲۴۴
- ۳-۴-۸ شبکه های صنعتی..... ۲۴۵
- ۴-۴-۸ برخی پروتکل های لایه فیزیکی در شبکه های صنعتی..... ۲۴۶
- ۱-۴-۴-۸ استاندارد RS۲۳۲..... ۲۴۶
- ۲-۴-۴-۸ استاندارد RS۴۸۵..... ۲۴۶
- ۳-۴-۴-۸ استاندارد H۱..... ۲۴۶
- ۴-۴-۴-۸ استاندارد H۲..... ۲۴۷
- ۵-۴-۴-۸ استاندارد HART..... ۲۴۷
- ۵-۸ استاندارد فیلدباس..... ۲۵۱
- ۱-۵-۸ مزایای فیلدباس..... ۲۵۲
- ۲-۵-۸ معرفی مختصر برخی استانداردهای معروف فیلدباس..... ۲۵۷
- ۳-۵-۸ معرفی استاندارد Foundation fieldbus (F.F)..... ۲۶۱
- ۱-۳-۵-۸ مدل پروتکل ارتباطی F.F..... ۲۶۱

۲۶۲	۸-۵-۳-۲ لایه فیزیکی
۲۶۳	۸-۵-۳-۳ لایه پیوند داده
۲۶۵	۸-۵-۳-۴ لایه کاربردی
۲۶۵	۸-۵-۳-۵ ارتباط مخابراتی مجازی (VCR)
۲۶۶	۸-۶ بلوکهای عملیاتی
۲۶۶	۸-۶-۱ بلوکهای منبع
۲۶۶	۸-۶-۱ بلوکهای مبدل
۲۶۶	۸-۶-۲ بلوکهای تابع ساز
۲۶۷	۸-۶-۱-۱ رت ویدی آنالوگ
۲۶۹	۸-۶-۳-۲ بلوک خروجی آنالوگ
۲۷۰	۸-۶-۳-۳ بلوک
۲۷۳	سؤالات پایان فصل
۲۷۵	فصل نهم: سنسورها، ترانسمیتر و دیتا بسترهای کنترل
۲۷۵	۹-۱ مقدمه
۲۷۶	۹-۲ سنسورهای فشار
۲۷۸	۹-۳ سنسورهای دبی
۲۸۲	۹-۴ سنسورهای سطح
۲۸۶	۹-۵ سنسورهای دما
۲۹۳	۹-۶ ترانسمیترها
۲۹۳	۹-۶-۱ ترانسمیتر نیوماتیکی
۲۹۵	۹-۶-۲ ترانسمیتر الکترونیکی
۲۹۸	۹-۷ انواع شیرهای کنترل
۲۹۸	۹-۷-۱ شیرهای با عملکرد متقابل ساقه
۳۰۰	۹-۷-۲ شیرهای با ساقه چرخشی یا دورانی
۳۰۲	۹-۸ محرک های شیرهای کنترل
۳۰۲	۹-۸-۱ محرک های دیافراگمی نیوماتیکی
۳۰۳	۹-۸-۲ محرک های پیستونی

۳۰۳	۳-۸-۹	محرك های الكتروهيدروليكي و الكترومكانيكي
۳۰۴	۴-۸-۹	محرك های چرخشی دستی
۳۰۴	۹-۹	تجهيزات جانبی شیرهای کنترل
۳۰۴	۱-۹-۹	تثبيت کننده
۳۰۵	۲-۹-۹	بوسترها
۳۰۶	۳-۹-۹	سوئیچ های حدی
۳۰۶		سؤالات بیان فصل
۳۰۷		پیوست : نرم افزار آموزشی DIGEST و PICLES
۳۰۷		مقدمه
		آزمایش شماره ۱ : مدلهای یک فرآیند و طراحی کنترل کننده
۳۰۸		در نرم افزارهای DIGEST و PICLES
۳۰۸	پ-۱-۱	معرفی یک فرآیند در نرم افزار PICLES
۳۰۹	پ-۱-۲	مراحل طراحی کنترل کننده
۳۱۰	پ-۱-۳	معرفی نرم افزار DIGEST
۳۱۴		تمرینها
		آزمایش شماره ۲ : تنظیم پارامترهای کنترل کننده با استفاده از معیار
۳۱۵		زیگلر و نیکولز
۳۱۵	پ-۱-۲	طراحی یک فرآیند
۳۲۰		تمرینها
۳۲۱		آزمایش شماره ۳ : طراحی کنترل متداخل
۳۲۱	پ-۱-۳	اجرای کنترل متداخل
۳۲۱	پ-۲-۳	مقایسه کارایی حلقه واحد با معماری متداخل
۳۲۳	پ-۳-۳	بررسی حالت تک ورودی- تک خروجی
۳۲۶	پ-۳-۴	بررسی کنترل متداخل
۳۳۱		تمرینها
۳۳۲		آزمایش شماره ۴ : کنترل پیشرو
۳۳۲	پ-۴-۱	هدف آزمایش

۳۳۲	پ-۴-۲ کنترل کننده پیشرو
۳۳۵	پ-۴-۳ اولین بررسی مبدل حرارتی
۳۴۰	پ-۴-۴ دومین بررسی مبدل حرارتی
۳۴۴	پ-۴-۵ بررسی فرآیند Gravity Drained Tanks با کنترل کننده پیشرو
۳۴۸	تمرینها
۳۴۹	آزمایش شماره ۵: کنترل چند متغیره
۳۴۹	پ-۵-۱ فرآیند ستون تقطیر
۳۵۰	پ-۵-۲ هدف آزمایش
۳۵۰	پ-۵-۳ کنترل دما ماده فوقانی (متانول)
۳۵۴	پ-۵-۴ کنترل غلظت ماده پایینی و حلقه اثر متقابل
۳۵۶	پ-۵-۵ طراحی جبران کننده های Decoupler
۳۶۱	تمرینها

آزمایش شماره ۶: طراحی کنترل کننده برای جبران تأخیر زمانی

۳۶۲	(پیش بین اسمیت)
۳۶۲	پ-۶-۱ طراحی یک فرآیند
۳۶۴	پ-۶-۲ هدف آزمایش
۳۶۴	پ-۶-۳ کنترل کننده PI بدون تأخیر زمانی
۳۶۷	پ-۶-۴ کنترل کننده PI با تأخیر زمانی
۳۶۹	پ-۶-۵ تئوری پیش بین اسمیت
۳۷۰	پ-۶-۶ اجرای جبران کننده پیش بین اسمیت
۳۷۴	تمرینها
۳۷۵	مراجع اصلی

پیشگفتار

خط سیر و هدف همه صنایع به سمت افزایش تولید و راندمان بیشتر می‌باشد و این خط سیر از میان خودکارسازی (اتوماسیون) فرآیندها و ماشین‌آلات می‌گذرد. خودکارسازی ممکن است به دلیل افزایش کمیت محصول و یا بهبود در کیفیت و دقت آن صورت بگیرد. اما به هر شکل، این روند همواره با جایگزینی برخی یا همه اعمال و ورودی‌های انسانی مورد نیاز جهت انجام و کنترل عملکردهای ویژه، همراه می‌باشد. در عین حال اجرای عملی خودکارسازی در صنعت نیازمند ابزارها و تجهیزات و روشهای متناسب مدلسازی و کنترل است. این کتاب شامل محتوای لازم برای آشنایی با اصولی ترین و جامع ترین ابزارها و روشهای کنترل و خودکارسازی فرآیندها در صنعت می‌باشد. از طرفی تمام محتوای لازم برای اجرای کنترل صنعتی در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد برای رشته های مهندسی در دانشگاه ها در این کتاب آمده است.

نویسندگان این کتاب با تکیه بر سالها تجربه تدریس دروس مهندسی کنترل در دانشگاههای معتبر داخل و خارج کشور و ارائه خدمات آموزشی در راه مدت کنترل پیشرفته برای مهندسان صنایع، در داخل و خارج از کشور و سالها همکاری با صنایع علمی و استفاده از منابع علمی مختلف محتوای این کتاب را تنظیم کرده اند. اصول این کتاب بر مبنای آخرین مهندسان صنایع و دانشجویان با مفاهیم کلی مرتبط با مهندسی کنترل شامل اجزا و شیوه های مختلف شناخت، مدلسازی، طراحی و اجرای کنترل در صنعت می باشد. تلاش زیادی شده است تا مطالب به زبان ساده و ترجیحاً با اصطلاحات رایج در محافل دانشگاهی و نیز در صنعت ارائه شود. در این کتاب، پس از بیان اصول تئوری کنترلی گفته شده، علاوه بر ارائه مثالهای حل شده و مسائل کاربردی قابل تفکر با اجزای خواننده به پیوست کتاب و نرم افزار شبیه سازی امکان طراحی و اجرای کنترل کننده ها پیشنهادی در محیط شبیه سازی فراهم شده است تا درک کاملتری از مفاهیم و کاربردها بدست آید.

مطالب این کتاب شامل موارد زیر است: در فصل اول مقدمه ای در رابطه با کنترل صنعتی همراه با چند مثال ساده از فرآیندهای صنعتی ارائه خواهد شد. مروری بر روشهای مدلسازی (سیک، فصل دوم کتاب را تشکیل می دهد. خطی سازی سیستمهای غیرخطی و چند روش مدلسازی تجربی موضوع فصول سوم و چهارم می باشد. مباحث کنترل کننده های کلاسیک و شیوه های تنظیم آنها همراه با ساختار عملی آنها در صنعت جزو مطالب فصل پنجم است. مروری بر انواع کنترل کننده های پیشرفته در فصل ششم و ساختار فیزیکی کنترل کننده ها در فصل هفتم مطرح خواهند شد. فصل هشتم نیز به موضوع بسترهای اجرای کنترل در صنعت خواهد پرداخت. در فصل نهم نحوه عملکرد و کاربرد برخی ابزار دقیق مربوط به سیستمهای کنترل معرفی می شود. در پیوست کتاب نیز معرفی و راهنمای بکارگیری دو نرم افزار آموزشی متناسب با محتوای این کتاب (PICLES, DIGEST) ارائه

شده است و این نرم افزار ها در CD پیوست این کتاب قرار دارد. لطفا توجه شود که در این ویرایش کتاب، نرم افزار واسط DOSBOX و راهنمای استفاده از آن روی CD قرار داده شده است. چون نرم افزار های آموزشی کنترل PICLES, DIGEST تنها در محیط DOS کار می کنند، به کمک نرم افزار واسط DOSBOX امکان بکار گیری PICLES, DIGEST در محیط ویندوزهای ۷ و ۸ نیز فراهم می شود.

در اینجا لازم است از جناب آقای سعید ناطقی مدیریت محترم مؤسسه انتشاراتی پژوهشگران نشر دانشگاه که کار چاپ و انتشار این کتاب را بر عهده داشتند و همکاران محترم ایشان خصوصاً آقایان سالار ایوبی، دارابی و خانم مسلمی و سایر عزیزانی که در این راه همکاریهای ارزنده ای داشتند تشکر و قدردان کنیم.

در پایان خدا را سپاسگزاریم که در این راه ما را یاری داد. اگرچه دقت زیادی در تألیف و ویرایش کتاب صرف شد لیکن از همه صاحب نظران، اساتید گرامی، دانشجویان و متخصصان عزیز صنایع خواهشمندیم که در رفع نقایص احتمالی یاری دهند و پیشاپیش از زحمات ایشان تشکر می نماییم. ضمناً آخرین نسخه نظرات و مطالب تکمیلی در مورد این کتاب در پایگاه اطلاعاتی <http://home.shirazu.ac.ir/~safavi/> قرار داده می شود.

سید علی اکبر صفوی
محمد رضوانی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز

شهریور ماه ۱۳۹۲