

اصول سیگنال‌ها و سیستم‌ها

نویسنده: فرد جی تیلور

ترجمه

دکتر حیدر طوسی‌ان شاندیز
استادیار دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی شاهرود

دکتر مسعود شفیعی
استاد دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

نشر گل‌آفتاب
مشهد - ۱۳۸۴

تیلور، فرد، ۱۹۴۰ - م. Taylor, Fred J.

اصول سیگنال‌ها و سیستم‌ها/نویسنده: فرد جی. تیلور؛ ترجمه حیدر طوسی‌ان شاندیز - مسعود شفیعی - مشهد: گل آفتاب، ۱۳۸۴.
۴۹۶ ص: : جدول.

ISBN: 964-5599-55-5 : ۴۵۰۰۰ ریال

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

عنوان به انگلیسی: Principles of signals and systems.

۱. نظریه سیگنال‌ها - - ریاضیات . ۲. تجزیه و تحلیل سیستم‌ها.
الف. طوسی‌ان شاندیز، حیدر، ۱۳۴۳ - شفیعی، مسعود، ۱۳۳۶ -
مترجم ب. عنوان.

۶۳۱/۳۸۲۲۳

TK ۵۱۰۲/۵/۶

۸۳-۱۵۴۵ م

کتابخانه ملی ایران

نشر گل آفتاب مشهد- کوهسنگی، حکیم نظامی، ۳۸، شماره ۱۴
تلفن: ۸۴۴۱۴۶۰ - ۸۴۰۲۲۱۸ (۰۵۱۱)



اصول سیگنال‌ها و سیستم‌ها (ویرایش سوم)

تألیف : فرد. جی. تیلور
برگردان : دکتر مسعود شفیعی - دکتر حیدر طوسی‌ان شاندیز
حروفچینی و صفحه‌بندی : دفتر گرافیک ۷۶۸۶۸۱۷ (۰۵۱۱)
لیتوگرافی : مهرنگار ۸۷۹۰۸۴۷ (۰۵۱۱)
چاپ و صحافی : دقت ۳۴۱۹۵۶۰ (۰۵۱۱)
چاپ یکم : پاییز ۱۳۸۴
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه وزیری
بها : ۴۵۰۰۰ ریال
شابک : ۵-۵۵-۵۵۹۹-۹۶۴

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ می‌باشد.

فهرست

پیشگفتار	ن
مقدمه	ج
بخش اول مقدمه	
۱ سیگنال‌ها	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ طبقه بندی سیگنال	۲
۳-۱ سیگنال‌های زمان پیوسته	۴
۴-۱ سیگنال‌های زمان گسسته	۷
۵-۱ سیگنال‌های رقمی	۸
۶-۱ قضیه نمونه برداری	۱۲
۷-۱ تبدیلات سیگنال‌های مقدماتی	۲۱
۸-۱ سیگنال‌های مقدماتی	۲۸
خلاصه مطالب	۳۶
مسائل	۳۸
طرح های رایانه‌ای	۴۳

بخش دوم سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان پیوسته

۴۵	۲ نمایش ریاضی سیگنال‌های زمان پیوسته
۴۵	۱-۲ مقدمه
۴۵	۲-۲ معادلات دیفرانسیل معمولی
۴۶	۳-۲ تبدیل لاپلاس
۵۵	۴-۲ تجزیه به صورت کسرهای جزئی (هوی ساید)
۶۱	خلاصه مطالب
۶۲	مسائل
۶۶	طرح‌های رایانه‌ای
۶۷	۳ نمایش حوزه فرکانس سیگنال‌های زمان پیوسته
۶۷	۱-۳ مقدمه
۶۹	۲-۳ تحلیل طیفی
۷۰	۳-۳ سری فوریه
۷۹	۴-۳ خواص سری فوریه
۸۷	۵-۳ تبدیل فوریه
۹۵	۶-۳ خواص تبدیل فوریه
۱۰۷	۷-۳ سیگنال‌های پایه
۱۱۴	۸-۳ قانون عدم قطعیت
۱۱۷	۹-۳ پهنای باند
۱۱۸	خلاصه مطالب
۱۲۰	مسائل
۱۲۴	طرح‌های رایانه‌ای

۱۴۷	۴ نمایش حوزه زمان سیگنال‌های زمان پیوسته
۱۲۷	۱-۴ مقدمه
۱۲۷	۲-۴ سیستم‌ها
۱۲۹	۳-۴ طبقه بندی سیستم‌ها
۱۲۹	۱-۳-۴ اصل برهم نهی
۱۳۴	۲-۳-۴ سیستم‌های تغییرناپذیر با زمان و تغییرپذیر با زمان
۱۳۴	۳-۳-۴ سیستم‌های با حافظه و بدون حافظه
۱۳۴	۴-۳-۴ سیستم‌های علی و غیر علی
۱۳۵	۴-۴ سیستم‌های خطی تغییرناپذیر با زمان پیوسته
۱۳۹	۵-۴ کانولوشن زمان پیوسته
۱۴۷	۶-۴ خواص کانولوشن
۱۴۸	۷-۴ پایداری سیستم‌های پیوسته
۱۵۶	۸-۴ مسیرهای پیوسته
۱۵۷	۱-۸-۴ سیستم‌های درجه اول خطی تغییرناپذیر با زمان
۱۵۹	۲-۸-۴ سیستم‌های درجه خطی تغییرناپذیر با زمان
۱۶۹	۹-۴ مشابه‌های زمان پیوسته
۱۷۰	خلاصه مطالب
۱۷۲	مسائل
۱۷۶	طرح‌های رایانه‌ای
۱۷۹	۵ نمایش حوزه تبدیل سیستم‌های زمان پیوسته
۱۷۹	۱-۵ مقدمه
۱۷۹	۲-۵ سیستم‌های زمان پیوسته
۱۸۴	۳-۵ تابع انتقال
۱۸۶	۴-۵ بسط به صورت کسرهای جزئی

۱۹۴	۵-۵ پایداری سیستم‌های زمان پیوسته
۱۹۸	۶-۵ پاسخ حالت مانای زمان پیوسته
۲۱۲	خلاصه مطالب
۲۱۴	مسائل
۲۱۹	طرح‌های رایانه‌ای
۲۲۱	۶ معماری سیستم‌های زمان پیوسته
۲۲۱	۱-۶ معماری سیستم
۲۲۲	۲-۶ نمودارهای بلوکی و نمودارهای جریان سیگنال
۲۲۴	۳-۶ فرمول بهره میسون
۲۳۴	۴-۶ متغیرهای حالت
۲۳۹	۵-۶ سیستم‌های پیوسته خطی تغییرناپذیر با زمان
۲۴۰	۶-۶ ماتریس گذار حالت
۲۵۵	۷-۶ جواب‌های حالت غیر همگن
۲۶۱	۸-۶ معماری سیستم زمان پیوسته
۲۶۵	خلاصه مطالب
۲۶۶	مسائل
۲۷۱	طرح‌های رایانه‌ای

بخش سوم سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته

۲۷۵	۷ نمایش ریاضی سیگنال‌های زمان گسسته
۲۷۵	۱-۷ مقدمه
۲۷۵	۲-۷ معادلات تفاضلی
۲۷۶	۳-۷ تبدیل Z
۲۸۷	۴-۷ معکوس تبدیل Z

۲۸۷	۵-۷ معکوس تبدیل Z با تقسیم متوالی
۲۸۹	۶-۷ تجزیه به صورت کسرهای جزئی (هوی ساید)
۲۹۸	۷-۷ معادلات تفاضلی
۳۰۱	۸-۷ حساب مانده‌ها (اختیاری)
۳۰۳	خلاصه مطالب
۳۰۵	مسائل
۳۰۹	طرح‌های رایانه‌ای
۳۱۱	۸ نمایش حوزه فرکانس سیگنال‌های زمان گسسته
۳۱۱	۸-۱ مقدمه
۳۱۴	۸-۲ تبدیل فوریه زمان گسسته
۳۱۸	۸-۳ سری فوریه زمان گسسته
۳۲۱	۸-۴ تبدیل فوریه گسسته
۳۳۷	۸-۵ مقایسه تبدیل‌های فوریه
۳۳۹	خلاصه مطالب
۳۴۰	مسائل
۳۴۴	طرح‌های رایانه‌ای
۳۴۷	۹ نمایش حوزه زمان سیستم‌های زمان گسسته
۳۴۷	۹-۱ مقدمه
۳۴۷	۹-۲ طبقه‌بندی سیستم‌ها
۳۴۹	۹-۲-۱ سیستم‌های خطی و غیرخطی
۳۵۰	۹-۲-۲ سیستم‌های تغییرناپذیر با زمان و تغییرپذیر با زمان
۳۵۱	۹-۲-۳ سیستم‌های با حافظه و بدون حافظه
۳۵۲	۹-۲-۴ سیستم‌های علی و غیر علی
۳۵۲	۹-۳ سیستم‌های زمان گسسته

۳۵۶	۴-۹ کانولوشن زمان گسسته
۳۶۳	۵-۹ خواص کانولوشن زمان گسسته
۳۶۴	۶-۹ پایداری سیستم‌های زمان گسسته
۳۶۷	۷-۹ منحنی‌های مسیر زمان گسسته
۳۶۷	۱-۷-۹ سیستم‌های زمان گسسته خطی تغییر ناپذیر با زمان درجه یک
۳۷۰	۲-۷-۹ سیستم‌های زمان گسسته خطی تغییر ناپذیر با زمان درجه دو
۳۷۳	خلاصه مطالب
۳۷۴	مسائل
۳۷۸	طرح‌های رایانه‌ای
۳۸۱	۱۰ نمایش حوزه تبدیل سیستم‌های زمان گسسته
۳۸۱	۱-۱۰ مقدمه
۳۸۱	۲-۱۰ سیستم‌های زمان گسسته
۳۹۲	۳-۱۰ پایداری سیستم‌های زمان گسسته
۳۹۶	۴-۱۰ پاسخ حالت مانای زمان گسسته
۴۰۰	خلاصه مطالب
۴۰۱	مسائل
۴۰۵	طرح‌های رایانه‌ای
۴۰۷	۱۱ معماری سیستم‌های زمان گسسته
۴۰۷	۱-۱۱ معماری سیستم
۴۰۷	۲-۱۱ نمودارهای بلوکی و نمودارهای جریان سیگنال
۴۰۸	۳-۱۱ رابطه بهره میسون
۴۱۰	۴-۱۱ سیستم‌های زمان گسسته با توصیف حالت
۴۱۳	۵-۱۱ ماتریس گذار حالت
۴۲۰	۶-۱۱ حل معادلات حالت

۴۲۳	۷-۱۱ معماری سیستم زمان گسته
۴۲۷	خلاصه مطالب
۴۳۸	مسائل
۴۳۹	طرح‌های رایانه‌ای
۴۴۵	لغت‌نامه انگلیسی - فارسی و نمایه
۴۶۵	لغت‌نامه فارسی - انگلیسی و نمایه

www.ketab.ir

پیش‌گفتار

ای خدای پاک و بی‌نیاز و یار
یاد ده ما را سخن‌های دقیق
دست‌گیر و جرم ما را درگذار
که ترا رحم آورد آن ای رفیق
"مولوی"

حمد و سپاس بی‌پایان خداوند تبارک و تعالی را که به انسان علم آموخت و با نزول کتب آسمانی توسط پیامبران خود و به خصوص قرآن کریم توسط خاتم‌النبین (ص) راه سعادت را برای نوع بشر مکتوب فرمود.

آشنائی با سیگنال و سیستم‌ها گام اول مطالعه سیستمی فرآیندها، مکانیزم‌ها و به طور کلی هر پدیده‌ای است. به همین دلیل این درس پیش‌نیاز دروس کنترل و پردازش سیگنال در مهندسی برق است.

کتابی که برای ترجمه در نظر گرفته شده است، اصول سیگنال و سیستم تالیف جی-فرد-تیلور است. این کتاب شامل ۱۳ فصل است که در چهار بخش سازماندهی شده است. بخش اول مطالب و تعاریف مربوط به سیگنال‌ها به طور عام را دربر می‌گیرد، بخش دوم سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان پیوسته را در حوزه زمان و تبدیل‌هایی از جمله تبدیل فوری و لاپلاس مورد بحث قرار می‌دهد. در بخش سوم سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته در حوزه زمان و تبدیل‌های فوری زمان گسسته و Z مورد بحث قرار می‌گیرد. مباحث بخش چهارم تحت عنوان کاربردها مربوط به پردازش سیگنال و مخابرات است، که با توجه به ارائه آن در دو درس مجزا فقط سه بخش اول ترجمه شده‌اند.

یکی از مزایای عمده این کتاب بر کتاب‌های دیگر سیگنال و سیستم وجود مثال‌های متعدد عملی و انجام آن‌ها به صورت رایانه‌ای است. البته برنامه‌های رایانه‌ای نوشته شده در محیط‌های دانشجویی مطلب و سیگنال به دلیل همگانی نبودن دسترسی به منابع نرم‌افزاری‌شان به نحوی تغییر یافته‌اند که پیاده‌سازی آن‌ها در محیط نرم‌افزار مطلب توسط دانشجویان امکان‌پذیر باشد.

این‌جانبان اذعان داریم که هنوز می‌بایست اصلاحات بیشتری اعمال شوند. اما دریغا که زمان توقف نمی‌کند و جایز نیست بیش از این در نشر این اثر درنگ شود. امید است که خوانندگان گرامی، کاستیها را یادآوری فرمایند تا در فرصتهای بعدی رعایت شود.

در پایان تشکر و قدردانی خود را از کسانی که در مراحل مختلف چاپ کتاب ما را یاری داده‌اند اعلام می‌داریم: از انتشارات گل آفتاب علی‌الخصوص آقای علیرضا اخوان به خاطر چاپ این اثر، از آقای اسد احمدی و سرکار خانم حمیده ساعتچی به خاطر بازخوانی، حروف‌چینی، صفحه‌آرایی و الصاق با دقت شکل‌ها و نمودارها.

دکتر مسعود شفیعی

استاد دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر حیدر طوسی‌ان شاندیز

استادیار دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی شاهرود

www.ketaboo.ir

مقدمه

مطالعه سیگنال‌ها و سیستم‌ها عملاً عنصری اساسی در برنامه مهندسی برق محسوب می‌شود. غالباً این اولین درس دانشگاهی است که مطالب ریاضی پیش نیاز و سرفصل‌های تعیین شده را با نظمی خاص و به صورت هماهنگ و معنی‌دار در کنار هم قرار می‌دهد. علاوه بر این، سیگنال‌ها و سیستم‌ها مدخلی بر مطالعات مستمر و مهم در زمینه ارتباطات، کنترل و پردازش سیگنال محسوب می‌شود. سیگنال‌ها و سیستم‌ها در مطالعه سیستم‌های قدرت، الکترونیک، فوتونیک، الکترومغناطیس و سایر حوزه‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. در اغلب مواقع یک مهندس برق کارآزموده به مطالب، مفاهیم و مهارت‌های حل مسائل، که در درس سیگنال‌ها و سیستم‌ها توسعه می‌یابد، بیش از اطلاعات علمی حاصل از مطالعه دروس دیگر متکی است.

درس سیگنال‌ها و سیستم‌های کلاسیک عموماً جزء برنامه آموزشی مهندسی برق که در شکل م ۱ نشان داده شده، قرار دارد. محدوده سرفصل‌ها و موضوعات موجود در این نمودار، بیانگر بخش عمده‌ای از یک نمونه پیشرفته برنامه مهندسی برق است. نحوه تطبیق درس سیگنال‌ها و سیستم‌ها با برنامه آموزشی با توجه به دانشکده‌ها و برنامه‌ها متغیر است. در این کتاب با در نظر گرفتن تفاوت‌های مذکور، مباحث در چهار بخش اساسی ارائه شده است. در بخش اول، سیگنال‌ها بر اساس زمان پیوسته، زمان گسسته و رقمی معرفی می‌شوند. در بخش دوم، منحصراً سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان پیوسته مورد بحث قرار می‌گیرد. بخش سوم در ارتباط با سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته است. نهایتاً، در بخش چهارم کاربردهای خاص برای مطالعات متمرکز توسعه می‌یابد. این روش ارائه مطالب را گاهی اوقات روش سری می‌نامند. در روش دیگر که به آن روش موازی گفته می‌شود، مطالب مربوط به زمان پیوسته و گسسته به طور همزمان مطرح می‌شوند. علی‌رغم قابلیت‌های هر دو روش، به این نتیجه رسیده‌ایم که در روش موازی چون دانشجویان باید مفاهیم توسعه یافته در دو حوزه مختلف را به طور همزمان درک کنند، اغلب دچار سردرگمی می‌شوند. به علاوه تجربه نشان داده به دلیل آنکه در روش سری عمق و میزان مطالب با سهولت بیشتری قابل کنترل است، این روش به مدرس قابلیت انعطاف بیشتری می‌دهد. به هر حال ما از الگوی سنتی سری نیز در معرفی همزمان سیگنال‌ها و سیستم‌ها تخطی نموده‌ایم. دلیل استفاده از روش‌های سنتی آن است که در این روش‌ها، مطالعه سیگنال‌ها و سیستم‌ها با استفاده از ابزار تحلیلی مشابه یعنی تبدیلات، صورت می‌گیرد. به

هر صورت احساس می‌کنیم که سیگنال‌ها و سیستم‌ها موضوعاتی متفاوت با اصول ریاضی مشترک هستند. از بین این دو موضوع، چون سیگنال‌ها به راحتی مدل می‌شوند، تحلیل مفهومی‌شان ساده‌تر است. بدین جهت، ابتدا سیگنال‌ها را مورد بحث قرار می‌دهیم و زیرساختی ریاضی به نام تبدیلات را توسعه می‌دهیم که ما را در مطالعه سیگنال‌ها یاری می‌نماید. طی این فرآیند، خود را قویاً متعهد به برقراری ارتباط محکم و مختصر و مفید بین مفاهیم و توصیفات ریاضی فرایندها می‌دانیم، ارتباط بین تحلیل و ترکیب یا ساخت، مستمراً مورد تاکید قرار می‌گیرد اگر دانشجویان انتظار دارند که درک کاملی از دروس گسترده و پیوسته مهندسی برق داشته باشند، باید بر مطالب طرح شده در این کتاب به خوبی تسلط داشته باشند. مطالب این کتاب در یک نیم سال یا دو ربع سال قابل ارائه است. برای ارائه درس در یک نیم‌سال، لازم است بخش اول با شتاب ارائه شود، در صورت ارائه بخش چهارم لازم است مطالب به طور گزینشی انتخاب شوند. در صورت لزوم آموزش‌های ساختاری ارائه شده در بخش دوم و سوم قابل حذف است.



شکل م ۱. نمودار سرفصل پوشش داده شده

از نظر فلسفی، کتاب بر اساس سه مفهوم اساسی بنا نهاده شده است. مفهوم اول اینکه

کتاب به صورت سیستمی است که در درون خود سه بخش ورودی، بدنه و خروجی دارد. با این نگرش به سیستم‌ها، کتاب به سه بخش سیگنال‌ها و در ادامه آن سیستم‌ها و نهایتاً کاربردها تقسیم می‌شود. مفهوم اساسی دوم، ترویج یادگیری فعال است. علی‌رغم آنکه روش‌های معمول یادگیری مؤثر هستند، غالباً در معرض این انتقاد قرار می‌گیرند که به دلیل تمرکز شدید بر درک واقعی یک پدیده، به توانمندی‌های استدلالی در سطوح بالاتر آسیب می‌رسانند. در بسیای از حالات، دانشجویان ظاهراً توانایی درک کامل زیر سیستم‌ها و زیربخش‌های پدیده‌ها را دارند، اما عاجز از توسعه، تعمیم و کنار هم قرار دادن آن‌ها هستند. در نگرش آموزش و پرورش، این روش به کسب دانش ساکن منجر می‌شود بدین معنا که چنین دانشی در صورت نیاز، به سختی قابل یادآوری است. ما بر یادگیری فعال تاکید داریم که طی آن ایده‌ها دائماً بر اساس اطلاعات قبلی شکل می‌گیرند. مفهوم فلسفی سوم که کتاب بر اساس آن بنا نهاده شده است، آموزش بر اساس رایانه CBI^۱ می‌باشد. مطالعه سیگنال‌ها و سیستم‌ها با تاکید بر دقت ریاضی، دانش مفهومی، کاربردها و یا همگی اینها می‌تواند به صورت گسترده‌ای توسط CBI توسعه یابد. CBI روزه روز محبوبیت بیشتری پیدا می‌کند، چون آموزش را به جای غیرفعال و پذیرشی بودن به امری فعال و خلاق تبدیل می‌کند. با استفاده از CBI، موسسات آموزشی به جای ارائه دهنده دروس به منابع تامین کننده دانایی تبدیل می‌شوند. استفاده از CBI در این کتاب اختیاری است. مثال‌ها و تمرین‌های کتاب بدون استفاده از CBI قابل درک و تعبیر هستند. پس از ۲۰ سال کار با CBI و بدون آن و همچنین بعد از مشارکت در چند طرح توسعه یافته CBI، به این نتیجه محتم رسیده‌ام که CBI کمک بسیار ارزشمندی برای استاد و دانشجو است که موارد زیر را فراهم می‌آورد:

- ۱- قابل توسعه به مطالعه کلی سیگنال‌ها و سیستم‌هاست (که مطالعات بعدی را نیز شامل می‌شود) و صرفاً تمرین رایانه‌ای یک مفهوم یا مسئله تنها نیست.
- ۲- راهی را به منظور جمع مفاهیم مهندسی در قالب تحلیل، ترکیب و کاربردهای تخصصی فراهم می‌سازد.
- ۳- تجربیات آموزشی ناگهانی و عملی را فراهم می‌سازد و آموزش را با مثال‌های کاملاً ساده بی‌اهمیت نمی‌کند، چینی‌های باستان می‌گویند:

- می‌شنوم و فراموش می‌کنم.
- می‌بینم و به خاطر می‌سپارم.
- انجام می‌دهم و می‌فهمم.

۴ - کاهش حجم عملیات، سهولت در به کارگیری (نیازی به مهارت‌های قبلی ندارد)، لحاظ نمودن موضوعات دنیای حقیقی ریاضی و اجزای سیستم‌ها و همچنین قدرتمند بودن در ارائه توانمندی‌ها، جزء سایر قابلیت‌های آن محسوب می‌شود.

بدون CBI، این کتاب همان مفاهیم اصولی که در اغلب کتاب‌های دیگر سیگنال و سیستم وجود دارند را پوشش می‌دهد. با این تفاوت که مثال‌های این کتاب به مراتب با معنی‌تر و مفیدتر از موارد معمول در کتاب‌های مقدماتی است. با CBI مهارت‌های سطح بالای حل مسئله می‌توانند توسعه یابند و درک جامع‌تری از سیگنال‌ها و سیستم‌ها میسر می‌شود.

نرم افزار CBI در این کتاب با دو مجموعه ارزان قیمت و در دسترس به نام‌های MONARCH و MATLAB که برای استفاده دانشجویان ویرایش شده عرضه می‌گردد. آموزش‌ها و مثال‌هایی که در این کتاب آمده با استفاده از این دو مجموعه تکمیل می‌شود و اگر موضوعات مطرح شده قابل تفکیک باشند استفاده از MONARCH ترجیح داده می‌شود. به علاوه لازم می‌دانم مدرس را به مد نظر داشتن حق نشر نرم‌افزار در کلاس ترغیب نمایم، پیش از آنکه صنعت او را وادار به رعایت این رفتار اجتماعی کند.

خود را مسئول هرگونه قصوری می‌دانم که ممکن است خوانندگان در این روش ارائه سیگنال‌ها و سیستم‌ها بیابند. اگر اعتباری در بین باشد، مسلماً باید با گروه کوچکی از دانشجویان که از نظر فکری از یک دهه گذشته به آنها وابسته‌ام تقسیم شود. سپاس خود را به دکتر گلن زلنکر به خاطر اصلاحات علمی تقدیم می‌دارم. از دوشیزه مونیکا مورفی به خاطر افزودن پژوهشی از ظرافت، آگاهی و تشویق به این پروژه تشکر می‌نمایم. بدون او این کتاب به انتها نمی‌رسید. از اریک استرم به دلیل همکاری نزدیک با من از آغاز پروژه سپاسگزارم. او از ابتدا دریافت که توانایی تایپ من ناامید کننده است و بدون خستگی، در تهیه نسخه نهایی دست نویس و توسعه قابلیت‌های MATLAB مرا یاری کرد. از احمد انصاری که برنامه رایانه‌ای اولیه MATLAB مرا پس از اخذ، مورد آزمون قرارداد و اغلب موارد ابتدایی را تصحیح و توسعه داده است، ممنونم. از اسکات میلر به خاطر کمک در موضوع ارتباطات متشکرم. سپاس از افراد ذیل که با مرور متن، نکاتی را برای اصلاح آن ارائه کرده‌اند: نیرمال کی. بوز، دانشگاه ایالتی کالیفرنیا؛ جان آر. دلر، دانشگاه دولتی میشیگان؛ گری ای، فورد، دانشگاه کالیفرنیا، دیویس؛ جیمز. آ. هینز، دانشگاه مارکوئت؛ بی. وی. کی. ویجایا کومار، دانشگاه کارنگی ملون؛ وی. جان ماتو، دانشگاه یوتا؛ کشاب کی. پارهی، دانشگاه مینه سوتا؛ استیو اف. راسل، دانشگاه ایالتی آیووا؛ اندرو سیکی، دانشگاه کالیفرنیا؛ سانتا باربارا؛ ماروین سیگل، دانشگاه ایالتی میشیگان؛ آندریاس اس. اسپانیاس،

دانشگاه ایالتی آریزونا؛ احمد اچ. تیوفیک، دانشگاه ایالتی مینه سوتا؛ استیفان یورکوویچ، دانشگاه ایالتی اوهایو.
در انتها از ان بوارن ، ویراستار برجسته مک گروهیل که با تشویق امکان تکمیل این طرح را فراهم ساخت، سپاسگزارم.

فرد جی تیلور

www.ketab.ir