بسم الله الرحمن الرحیم

انتشارات
۷۶۳

آموزش کاربردی متلب و سیمولینک در مهندسی

دکتر سیّدعلیرضا اقوامی
عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور

Press.um.ac.ir

سرشناسه: اقوامی، سیدعلیرضا، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور: آموزش کاربردی متلب و سیمولینک در مهندسی/سیدعلیرضا اقوامی؛ ویراستار علمی وحید محتشمی.
مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری: ۷۱۶ ص.: مصوّر، جدول.
فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۶۳.
شابک: ISBN: 978-964-386-455-2
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا.
یادداشت: کتابنامه. نمایه.
موضوع: متلب MATLAB
موضوع: سیمولینک (برنامه کامپیوتر) Simulink (Computer program)
شناسه افزوده: محتشمی، وحید، ۱۳۶۲ - ، ویراستار.
شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره: QA۲۹۷
رده‌بندی دیویی: ۵۱۸ /۰۲۸۵۵۳۶
شماره کتابشناسی ملی: ۷۳۵۰۴۷۶

آموزش کاربردی متلب و سیمولینک در مهندسی

پدیدآورنده: دکتر سیّدعلیرضا اقوامی
ویراستار علمی: دکتر وحید محتشمی
ویراستار ادبی: مصطفی قندهاری
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اوّل، پاییز ۱۳۹۹
چاپ و صحافی: چاپخانهٔ دقت
بها : ۱/۱۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

انتشارات
۷۶۳

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶- ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسّسهٔ کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت، شمارهٔ ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسّسهٔ دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شمارهٔ ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ – ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

http://press.um.ac.ir Email: press@um.ac.ir

Press.um.ac.ir

فهرست مطالب

پیش‌گفتار مؤلّف ۱۰
مقدّمه ۱۲

فصل ۱. آشنایی با نرم‌افزار متلب ۱۳
مقدّمه ۱۳
۱-۱ آشنایی با محیط کار متلب ۱۴
۱-۲ متغیرها و انواع داده ۱۹
۱-۲-۱ اعلان و تعریف متغیرها ۱۹
۱-۲-۲ انواع داده ۲۲
۱-۳ عملگرها در متلب ۲۷
۱-۴ بردار ۳۲
۱-۴-۱ نحوهٔ ایجاد یک بردار ۳۲
۱-۴-۲ دسترسی به عناصر بردار ۳۴
۱-۴-۳ عملیات روی بردارها ۳۶
۱-۴-۴ تعبیر هندسی بردار ۴۰
۱-۵ ماتریس ۴۲
۱-۵-۱ نحوهٔ ایجاد یک ماتریس ۴۲
۱-۵-۲ دسترسی به درایه‌های ماتریس ۴۵
۱-۵-۳ عملیات بر روی ماتریس ۴۷
۱-۵-۴ توابع مفید برای تحلیل آماری داده‌ها در ماتریس‌ها و بردارها ۷۰
۱-۶ کاراکتر و رشته ۷۹
۱-۶-۱ نحوهٔ ایجاد یک کاراکتر و رشته ۷۹
۱-۶-۲ دسترسی به مؤلّفه‌های رشته ۸۰
۱-۷ آرایهٔ سلولی (مبتنی‌بر اندیس) ۸۳
۱-۸ آرایهٔ ساختاری (مبتنی‌بر نام) ۸۶
خلاصهٔ فصل ۸۷
خودآزمایی ۸۸
مراجع ۹۳

press.um.ac.ir

فصل ۲. برنامه‌نویسی در متلب ۹۵
مقدّمه ۹۵
۲-۱ فایل‌های اسکریپت ۹۵
۲-۱-۱ توابع ورودی ۹۸
۲-۱-۲ توابع خروجی ۱۰۳
۲-۲ فایل‌های اسکریپت زنده ۱۱۴
۲-۲-۱ ایجاد اسکریپت زنده ۱۱۴
۲-۲-۲ باز کردن اسکریپت زنده ۱۱۵
۲-۲-۳ اجرای کد و نمایش خروجی ۱۱۶
۲-۲-۴ فرمت اسکریپت‌های زنده ۱۱۸
۲-۳ فایل‌های تابع ۱۱۹
۲-۳-۱ ایجاد تابع با استفاده از m- فایل ۱۱۹
۲-۳-۲ روش‌های دیگر ایجاد تابع ۱۲۶
۲-۳-۳ متغیرها در متلب ۱۳۳
۲-۴ دستورات کنترل جریان برنامه ۱۳۶
۲-۴-۱ ساختار تصمیم‌گیری یا انتخاب ۱۳۶
۲-۴-۲ ساختار حلقه یا تکرار ۱۴۳
۲-۴-۳ دستورات کنترل حلقه ۱۴۹
۲-۴-۴ عملیات زمان‌گیری ۱۵۶
۲-۴-۵ برداری‌سازی حلقه‌ها ۱۶۰
۲-۴-۶ کنترل تعداد متغیرهای ورودی و خروجی ۱۶۱
خلاصهٔ فصل ۱۶۸
خودآزمایی ۱۶۹
مراجع ۱۷۰

فصل ۳. مدیریت داده‌ها، فایل‌ها و پوشه‌ها ۱۷۱
۳-۱ انواع فایل‌ها در متلب و کاربرد آن‌ها ۱۷۱
۳-۲ مدیریت، ذخیره‌سازی و بارگذاری داده‌ها ۱۷۲
۳-۳ خارج کردن (export) داده‌ها به فایل متنی ۱۸۰
۳-۴ وارد کردن (import) داده از فایل متنی ۱۸۴
۳-۴-۱ وارد کردن به‌صورت تعاملی ۱۸۴
۳-۴-۲ وارد کردن به‌صورت برنامه‌نویسی ۱۸۶
۳-۵ خواندن و نوشتن در فایل متنی با توابع سطح پایین ورودی/خروجی ۱۹۳
۳-۶ کار با فایل‌های اکسل ۱۹۷

Press.um.ac.ir

۳-۷ کار با فایل تصویری و صوتی ۱۹۸
۳-۷-۱ کار با فایل تصویری ۱۹۸
۳-۷-۲ کار با فایل صوتی ۲۰۰
۳-۸ مدیریت و کار با پوشه‌ها و فایل‌ها ۲۰۲
خلاصهٔ فصل ۲۱۱
خودآزمایی ۲۱۱
مراجع ۲۱۱

فصل ۴ .ترسیم نمودار دوبُعدی و سه‌بُعدی ۲۱۳
مقدّمه ۲۱۳
۴-۱ نمودارهای خط ۲۱۵
۴-۲ نمودارهای دایره‌ای، میله‌ای و هیستوگرام ۲۵۱
۴-۳ نمودارهای دادهٔ گسسته ۲۶۰
۴-۴ نمودارهای قطبی ۲۶۵
۴-۵ نمودارهای کانتور ۲۶۷
۴-۶ نمودارهای میدان‌های بردار ۲۶۹
۴-۷ نمودارهای سطح، حجم و چندضلعی ۲۷۲
۴-۸ انیمیشن ۲۸۶
۴-۹ تنظیم ویژگی‌های یک شیء گرافیکی ۲۸۸
۴-۱۰ ترسیم نمودار با استفاده از منوی Plots یا جعبه‌ابزار plottools ۲۹۸
۴-۱۱ تغییر ویژگی‌های نمودار با استفاده از جعبه‌ابزار plottools ۳۰۰
۴-۱۲ ویرایش نمودارها ازطریق منوهای پنجرهٔ شکل figure ۳۰۴
۴-۱۳ ذخیره کردن تصاویر ۳۰۵
خلاصهٔ فصل ۳۰۶
خودآزمایی ۳۰۷
مراجع ۳۱۰

فصل ۵.. محاسبات سمبلیک ۳۱۱
مقدّمه ۳۱۱
۵-۱ جبر سمبلیک ۳۱۲
۵-۱-۱ متغیرهای سمبلیک ۳۱۲
۵-۱-۲ کار با عبارات و معادلات سمبلیک ۳۱۳
۵-۲ حل عبارات و معادلات جبری با متغیرهای سمبلیک ۳۱۸
۵-۲-۱ حل عبارت یا معادلهٔ سمبلیک ۳۱۸

Press.um.ac.ir

۵-۲-۲ حل دستگاه معادلات جبری ۳۲۳
۵-۳ تابع سمبلیک و جای‌گذاری مقادیر در آن ۳۲۴
۵-۴ محاسبات سمبلیک ۳۳۰
۵-۴-۱ دیفرانسیل ۳۳۰
۵-۴-۲ انتگرال ۳۳۶
۵-۴-۳ حد دوطرفه، حد راست و حد چپ ۳۴۳
۵-۴-۴ سری ۳۴۶
۵-۴-۵ سری تیلور ۳۴۸
۵-۵ تبدیل لاپلاس و تبدیل فوریه ۳۴۹
۵-۵-۱ تبدیل لاپلاس ۳۴۹
۵-۵-۲ تبدیل فوریه ۳۵۰
۵-۶ معادلات دیفرانسیل ۳۵۲
۵-۶-۱ حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل معمولی ۳۵۲
۵-۶-۲ حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی ۳۵۶
۵-۷ تبدیل عبارت‌های سمبلیک به توابع ناشناس ۳۵۹
۵-۸ کار در محیط MuPAD ۳۵۹
خلاصهٔ فصل ۳۶۳
خودآزمایی ۳۶۴
مراجع ۳۷۲

فصل ۶. محاسبات عددی ۳۷۳
مقدّمه ۳۷۳
۶-۱ درون‌یابی ۳۷۳
۶-۱-۱ درون‌یابی یک‌بعدی ۳۷۴
۶-۱-۲ درون‌یابی چندبعدی ۳۷۸
۶-۲ برازش منحنی با چندجمله‌ای ۳۸۰
۶-۲-۱ رگرسیون خطّی ۳۸۱
۶-۲-۲ رگرسیون خطّی گذر از صفر ۳۸۳
۶-۲-۳ رگرسیون چندجمله‌ای ۳۸۴
۶-۳ استفاده از ابزارهای برازش تعاملی ۳۹۶
۶-۴ حل معادلات جبری ۳۹۹
۶-۵ تفاضل و دیفرانسیل عددی ۴۰۰
۶-۶ انتگرال‌گیری عددی ۴۰۸
۶-۷ حل عددی معادلات دیفرانسیل ۴۱۴

Press.Um.ac.ir

۶-۷-۱ حل معادلهٔ دیفرانسیل مرتبهٔ اوّل ۴۱۵
۶-۷-۲ حل دستگاه معادلات دیفرانسیل ۴۳۰
۶-۷-۳ حل معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ دوم و بالاتر ۴۳۱
۶-۷-۴ حل مسائل مقدار مرزی ۴۳۷
خلاصهٔ فصل ۴۴۰
خودآزمایی ۴۴۱
مراجع ۴۵۰

فصل ۷. آشنایی با محیط سیمولینک ۴۵۱
مقدّمه ۴۵۱
۷-۱ کاربرد سیمولینک ۴۵۱
۷-۲ ایجاد یک مدل ساده در سیمولینک ۴۵۲
۷-۳ آشنایی با بلوک‌های کتابخانه‌های سیمولینک ۴۵۸
۷-۳-۱ بلوک‌های کتابخانهٔ Sources (منابع) ۴۵۸
۷-۳-۳ بلوک‌های کتابخانه Signal Routing (مسیریابی سیگنال) ۴۶۸
۷-۳-۴ بلوک‌های کتابخانهٔ Continuous (پیوسته) ۴۷۱
۷-۳-۵ بلوک‌های کتابخانهٔ Math Operation (عملیات ریاضی) ۴۷۶
۷-۳-۶ بلوک‌های کتابخانهٔ Logic and Bit Operations (عملیات منطقی و بیتی) ۴۹۱
۷-۳-۷ بلوک‌های کتابخانهٔ مشخصات سیگنال (Signal Attributes) ۴۹۳
۷-۳-۸ بلوک‌های کتابخانهٔ Discontinuities (ناپیوسته) ۴۹۴
۷-۳-۹ بلوک‌های کتابخانه Model-Wide Utilities ۵۰۱
۷-۳-۱۰ بلوک‌های کتابخانهٔ User defined functions (توابع کاربر) ۵۰۲
۷-۳-۱۱ بلوک‌های کتابخانهٔ Look Up Tables (جدول جست‌وجو) ۵۰۳
۷-۳-۱۲ بلوک‌های کتابخانهٔ Ports & Subsystems (پورت‌ها و زیرسیستم‌ها) ۵۰۶
۷-۴ پیکره‌بندی پارامترهای مدل (Model Configuration parameters) ۵۲۰
۷-۵ اجرای مدل سیمولینک از محیط متلب ۵۲۲
خلاصهٔ فصل ۵۲۴
خودآزمایی ۵۲۵
مراجع ۵۲۶

فصل ۸. معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ اوّل در سیمولینک ۵۲۷
مقدّمه ۵۲۷
۸-۱ معادلهٔ دیفرانسیل مرتبهٔ اوّل ۵۲۷
۸-۲ مسائل کاربردی ۵۳۴

Press.um.ac.ir

۸-۲-۱ مسئلهٔ رشد و زوال (تابع نمایی) ۵۳۴
۸-۲-۲ معادلهٔ لجستیک رشد جمعیت ۵۳۸
۸-۲-۳ معادلهٔ لجستیک با تأخیر زمانی ۵۳۹
۸-۲-۴ قانون سرد شدن نیوتن ۵۴۰
۸-۲-۵ سقوط آزاد با نیروی کشش ۵۴۴
۸-۲-۶ مدارهای الکتریکی مرتبهٔ اوّل ۵۴۷
۸-۲-۷ فرایندهای صنعتی ۵۵۳
خلاصهٔ فصل ۵۶۹
خودآزمایی ۵۶۹
مراجع ۵۷۴

فصل ۹. معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ دوم و بالاتر ۵۷۵
مقدّمه ۵۷۵
۹-۱ معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ دوم و بالاتر در سیمولینک ۵۷۵
۹-۲ مسائل کاربردی ۵۷۷
۹-۲-۱ حرکت پرتابه ۵۷۸
۹-۲-۲ منحنی‌های ردگیری (تعقیب) ۵۸۱
۹-۲-۳ توپ دارای حرکات نوسانی ۵۸۵
۹-۲-۴ انیمیشن پاندول غیرخطّی ۵۸۷
۹-۲-۵ سیستم مکانیکی جرم - فنر - دمپر ۵۹۰
۹-۲-۶ مدار الکتریکی ۶۰۶
۹-۲-۷ فرایندهای صنعتی ۶۲۳
۹-۳ معادلات فضای حالت ۶۳۱
۹-۴ معادلات دیفرانسیل غیرخطّی ۶۳۴
۹-۴-۱ مدل غیرخطّی لورنز ۶۳۶
۹-۴-۲ مدل غیرخطّی نوسان‌ساز واندر پول ۶۳۷
۹-۵ مسئلهٔ مقدار مرزی ۶۳۸
۹-۶ معادلات تفاضلی ۶۳۹
۹-۶-۱ دنبالهٔ فیبوناچی ۶۴۰
۹-۶-۲ نگاشت لجستیک ۶۴۱
۹-۶-۳ نگاشت هنون ۶۴۳
خلاصهٔ فصل ۶۴۴
خودآزمایی ۶۴۵
مراجع ۶۵۱

Press.um.ac.ir

فصل ۱۰. کار با ابزار گرافیکی GUI ۶۵۳
۱۰-۱ آشنایی با ابزار گرافیکی GUI ۶۵۳
۱۰-۲ عناصر گرافیکی برای طراحی GUI ۶۵۶
۱۰-۳ نوشتن کد در تابع فراخوانی Callback ۶۵۷
۱۰-۴ ایجاد منو برای صفحهٔ گرافیکی ۶۶۶
۱۰-۵ ایجاد نوارابزار برای صفحهٔ گرافیکی ۶۶۸
۱۰-۶ طراحی یک صفحهٔ GUI برای نمایش شکل موج سینوسی ۶۶۸
۱۰-۷ ایجاد GUI برای ترسیم مسیر حرکت پرتابه ۶۷۲
۱۰-۸ طراحی یک صفحهٔ پردازش تصویر با GUI ۶۷۶
۱۰-۹ الگوهای GUI تعبیه‌شده ۶۸۳
خلاصهٔ فصل ۶۸۵
خودآزمایی ۶۸۵
مراجع ۶۸۶

پیوست أ. برخی از ویژگی‌های مفید ماتریس‌ها ۶۸۷
پیوست ب. نحوهٔ اشکال‌زدایی (debugging) ۶۹۶
پیوست ج. ۷۰۴
مراجع ۷۱۱
نمایه ۷۱۳

Press.um.ac.ir

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

و

همسر و دختر عزیزم

پیش‌گفتار مؤلّف

نرم‌افزار متلب یک‌زبان فوق‌العاده قوی برای محاسبات فنی و شبیه‌سازی در رشته‌های مختلف مهندسی است که به‌طور گسترده‌ای در دانشگاه و صنعت مورداستفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار یک محیط تعاملی برای محاسبات عددی و تجسّم داده همراه با قابلیت‌های برنامه‌نویسی آن برای تقریباً تمام زمینه‌های علم مهندسی است. نرم‌افزاری که به کاربر اجازه می‌دهد مسائل و راه‌حل‌های آن‌ها را با بهره‌گیری از ترکیب کد نویسی، تصویر و محاسبات به راحت‌ترین شکل ممکن ارائه دهد. Matlab، باوجود نرم‌افزارهای ریاضی دیگر مانند MAPLE یا MATHEMATICA، یکی از نرم‌افزارهای پیشرو برای مدل‌سازی و محاسبات عددی محسوب می‌شود که به لطف کتابخانه‌ها و جعبه‌ابزارهای مختلف توانسته است جایگاه مهمی در بین محققان برای خود ایجاد کند. تمرکز اصلی این کتاب بر روی کاربردهای نرم‌افزار متلب، به‌خصوص در حل مسائل مهندسی و مدل‌سازی فرایندها ازجمله الکتریکی و مکانیکی با معادلات دیفرانسیل است. اگرچه کتاب‌های زیادی برای آشنایی با محیط، امکانات، دستورات و اصول برنامه‌نویسی در متلب وجود دارد، اما برای طرح مباحث پیشرفته‌تر در این کتاب نیاز به معرفی و بررسی مجدّد آن‌ها اجتناب‌ناپذیر به‌نظر آمد. بنابراین، کتاب حاضر از دو بخش تشکیل شده است: در بخش اوّل با محیط متلب و سیمولینک و اصول برنامه‌نویسی و مدیریت ورودی‌ها و خروجی‌ها در آن‌ها آشنا می‌شویم و در بخش دوم محاسبات سمبلیک ازجمله حل معادلات جبری و معادلات دیفرانسیل خطّی و غیرخطّی و همچنین حل مسائل مختلف کاربردی ازجمله مدل‌سازی فرایندهای مکانیکی، الکتریکی و صنعتی ذکر شده‌اند. در این بخش همچنین خواننده با محیط رابط گرافیکی کاربر آشنا می‌شود که امکان انجام پروژه‌های پیشرفته را فراهم می‌کند. همچنین در پیوست مطالب مفیدی درمورد برخی از ویژگی‌های مهم ماتریس‌ها، اشکال‌یابی در برنامه و تناظر بین سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی ارائه شده است.

Press.iut.ac.ir

مزیّت اصلی این کتاب نسبت به کتاب‌های مشابه، ارائهٔ مباحث مقدماتی تا پیشرفتهٔ متلب و سیمولینک، حل مسائل کاربردی مهندسی و مدل‌سازی ریاضی، رابط گرافیکی کاربر GUI، همراه با مثال‌ها و تمرین‌های مختلف برای یادگیری هر بخش است که می‌تواند به خواننده در فهم دروس مختلف مهندسی ازجمله جبر خطّی، ریاضیات مهندسی، مدار الکتریکی، کنترل خطّی و صنعتی و... کمک کند. در این کتاب سعی شده تاحدّممکن به نکات زیر توجه شود:

- ارائهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ دستورات و توابع موردنیاز
- توضیح مطالب پایه برای فهم مطالب هر فصل
- حل مثال‌های مختلف کاربردی
- طرح خودآزمایی در آخر هر فصل

Press.um.ac.ir

مقدّمه

در ادامه به شرح فصل‌های مختلف این کتاب می‌پردازیم. در بخش اوّل با محیط و امکانات مختلف متلب آشنا می‌شویم. فصل اوّل شامل آشنایی با انواع داده و فرمت‌های نمایش، نحوهٔ کار با بردار، ماتریس، آرایهٔ سلولی، ساختاری و رشته و توابع مربوط به آن‌هاست. در فصل دوم، محیط برنامه‌نویسی متلب و نحوهٔ نوشتن برنامه به‌صورت اسکریپت، تابع و اسکریپت زنده شرح داده شده است. در فصل سوم به مدیریت داده شامل ذخیره‌سازی، بارگذاری متغیرها و مدیریت و کار با فایل‌ها و پوشه‌ها پرداخته شده است. در فصل چهارم، ترسیم نمودار در فضای دوبعدی و سه‌بعدی با دستورات مختلف بررسی شده است. در فصل پنجم، محاسبات سمبلیک و کاربردهای آن در حل مسائل مهندسی شامل حل معادلات جبری، معادلات دیفرانسیل، مشتق‌گیری، انتگرال‌گیری و... با متغیرهای سمبلیک بررسی شده است. در فصل ششم به محاسبات عددی شامل درون‌یابی، برازش منحنی چندجمله‌ای، حل معادلات جبری و معادلات دیفرانسیل با حل‌کننده‌های عددی پرداخته شده است. در فصل هفتم مطالب مفیدی برای آشنایی با بلوک‌های کتابخانه‌ای رایج و نحوهٔ شبیه‌سازی مدل در محیط سیمولینک ارائه شده است. در فصل هشتم، مفاهیم و نحوهٔ مدل‌سازی معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ اوّل در متلب و سیمولینک و کاربردهای آن همراه با حل مسائل کاربردی بررسی شده است. مفاهیم و نحوهٔ مدل‌سازی معادلات دیفرانسیل مرتبهٔ دوم و بالاتر در سیمولینک و کاربردهای آن در فصل نهم شرح داده شده است. همچنین در فصل دهم، نحوهٔ طراحی و برنامه‌نویسی با رابط گرافیکی متلب GUI ارائه شده است.

این کتاب می‌تواند به‌عنوان یک مرجع درسی و یا کمک‌درسی برای دانشجویان مهندسی برق، مهندسی مکانیک و مهندسی پزشکی و سایر رشته‌های مرتبط مهندسی استفاده شود. هرچند سعی شده است که کتاب ایرادات کمتری داشته باشد، ولی راهنمایی و تذکّر خوانندگان گرامی برای ارتقای سطح کیفی و کمّی کتاب مزید امتنان و سپاس است.

سیّد علیرضا اقوامی

تابستان ۱۳۹۹

alireza.aghvami@pnu.ac.ir

Press.um.ac.ir