

ساز دانش



کانون نشر علوم

۱۴۵۴۹۱۸

راهنمای مقدماتی تا پیشرفته‌ی

Simulink

همراه با توابع اس، چراغ حالت، کنترل، انیمیشن،
شبیه‌سازی بلاک و تولید کد

نویسندگان:

علی اکبر داستان‌پور

محمد فتحی

فرینا زمانی اسگویی

ناشر:

کانون نشر علوم



ناشر علوم

www.nashreeloom.com

پیشگام در نشر آثار برگزیده علوم کاربردی کامپیوتر و الکترونیک

سرشناسه: داستان پور، علی اکبر، ۱۳۵۸ -
عنوان و نام پدیدآور: راهنمای مقدماتی تا پیشرفته‌ی Simulink همراه با توابع اس. جریان حالت، کنترل، انیمیشن، شبیه‌سازی
بلادرنگ و تولید کد/ نویسندگان علی اکبر داستان پور، محمد فتحی، فرینا زمانی اسگویی [اصحیح: فرینا زمانی اسگویی]؛ ویراستار
ادبی: کانون نشر علوم.
مشخصات نشر: تهران: کانون نشر علوم: کاتوزی، ۱۳۹۵.
شخصات ظاهری: ۴۹۶ ص: مصور (بخشی رنگی).
شابک: ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۶۱۹
رسمیت فهرست‌نویسی: فیبا
یادداشت: کتابنامه: ص: [۴۹۶].
موضوع: مودلینگ (در زمینه کامپیوتر)
موضوع: Simulink (Computer program)
موضوع: کامپیوترها - شبیه‌سازی
موضوع: Computer simulation
شناسه افزوده: س.ج.، مع.د.، ۱۳۶۱
شناسه افزوده: زمانی اسگویی، فرینا، ۱۳۶۱ -
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۵۸-۷۶/۹-۲۳۳
رده‌بندی دیوئی: ۰۰۳/۳
شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۹۷۴۱

نام کتاب: راهنمای مقدماتی تا پیشرفته‌ی Simulink
(همراه با توابع اس. جریان حالت، کنترل، انیمیشن، شبیه‌سازی بلادرنگ و تولید کد)

ناشر: کانون نشر علوم

ناشر همکار: کاتوزی

نویسندگان: علی اکبر داستان پور - محمد فتحی - فرینا زمانی اسگویی

ویراستار ادبی: کانون نشر علوم

صفحه‌بندی: فاطمه آدیگوزل پور اردبیلی

طرح جلد: زهرا سلطان‌آبادی

چاپ اول: زمستان ۱۳۹۵

تیراژ: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: کانون نشر علوم

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸۹۶۴۳۲۷۱۶۱۹

مرکز پخش: خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان وحید نظری شرقی، پلاک ۶۵، واحد ۱

تلفن: ۶۶۹۶۱۵۶۸-۶۶۳۹۳۹۱۱



ناشر سخن

به نام خداوند بخشنده و مهربان

گستره دانش بشری در برابر علم بی‌پایان و نامتناهی حضرت حق (جلّ جلاله) بسیار ناچیز است؛ همگان گریه می‌کنند و ما عطا نکردیم به شما علم را جز اندکی؛ «شاهدی است بر ضعف معرفت انسانی نسبت به حکمت صمدانی. با این حال چه نیکو سفارش فرموده است خاتم انبیاء، حضرت محمد مصطفی (ص) که «بجوید علم را اگر چه به سرزمین چین». این توصیه، تمامی پیروان راستین دین حنیف را به فراگیری و اکتساب علوم و فنون مختلف در همه زمان‌ها و همه مکان‌ها فرا می‌خواند.

تلاش کانون نشر علوم، همواره معطوف به تربید آثار شایسته و بایسته در زمینه فنی و مهندسی بوده است؛ اگرچه که در این راه مشکلات رسوب کرده و بسیاری فراوانی حادث شده و خواهد شد. این امر تا حدّی بسیار، تابعی از ماهیت رشته‌های فنی و مهندسی و معارف مربوط به آنهاست؛ چرا که این رشته‌ها به سرعت و بی‌وقفه در حال نو به نو شدن می‌باشند. این امر رسالت کانون نشر علوم را در نشر آثار مربوطه، اعم از تألیف یا ترجمه، خطیرتر کرده و می‌کند. در این ارتباط دغدغه اصلی کانون نشر علوم این بوده و هست که اولاً، از قافله علوم فنی و مهندسی عقب نماند؛ و ثانیاً، آثاری را به زیور طبع بیاراید که ضمن داشتن وجهت علمی، در حوزه مخاطبین اندیشمند و فاضل نیز باشد. امید است که خداوند متّان در این مهم مساعدت فرماید.

پایان سخن اینکه، کانون نشر علوم دست یاری و همت تمامی مؤلفین و مترجمین علاقمند در زمینه علوم فنی و مهندسی را به گرمی می‌فشارد و تمامی ایشان را خاضعانه و خاشعانه به همکاری فرا می‌خواند. همچنین این مجموعه از تمامی مخاطبین استدعا دارد که با نظرات صائب و راهگشای خود، در بهبود شکلی و محتوایی آثار منتشر شده مساعدت فرمایند؛ و صد البته که تمامی کاستی‌ها از این رهگذر تنها و تنها متوجه این مجموعه بوده و هست.

سید محمدحسین منوری
کانون نشر علوم



مقدمه مؤلف

کتاب راهنمای سیمولینک، به بررسی محیط سیمولینک که یکی از بخش‌های نرم‌افزار متلب است، می‌پردازد. این محیط آنقدر محبوب، پرکاربرد و مستقل شده‌است که شاید عده‌ای آن را مجزا از نرم‌افزار متلب بدانند و به آن لفظ نرم‌افزار سیمولینک اطلاق کنند. در طی سال‌های گذشته راهنماهای زیادی برای سیمولینک از دیدگاه‌ها و کاربردهای مختلفی نوشته شده‌است. اما به دلیل تغییرات محیط سیمولینک توسط کمپانی MathWorks در طی چند سال اخیر از یک سو و عدم یکپارچگی کتاب‌های چاپ شده از سوی دیگر، ما را بر آن داشت که این راهنما را تهیه کنیم تا علاوه بر آنکه محیط جدید سیمولینک را به خوانندگان معرفی کنیم، اکثر نیازها، متداول تحقیقاتی و صنعتی روزمره را نیز جمع‌آوری و معرفی کنیم. لذا در نگارش این کتاب حاصل تحقیق و پژوهش چند ساله نویسندگان می‌باشد، سعی شده‌است مطالب محیط سیمولینک از سطح مقدماتی تا پیشرفته مطرح شوند؛ به گونه‌ای که تمام خوانندگان از آن بهره‌ای لازم ببرند. اگرچه آشنایی زیادی با متلب مورد نیاز نیست، با این اوصاف آشنایی سواد آشنایی با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب، کمک زیادی در درک بهتر این نرم‌افزار خواهد نمود. در این راستا باید توجه داشت که در نگارش کتاب سعی شده‌است؛ مفاهیم و اصول کلی کار با سیمولینک تشریح شود و در کنار این هدف، بخش عظیمی از بلوک‌های سیمولینک معرفی گردد تا رویکرد این کتاب، آموزش تمام بلوک‌های سیمولینک نیست و خوانندگان می‌توانند مناسب با نیازمندی خود به راهنمای سیمولینک مراجعه کنند.

محیط سیمولینک یک محیط برنامه‌نویسی شیء‌گرا و سطح بالا است که برای محاسبات طراحی و تحلیل از قابلیت بالایی برخوردار است. می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های سیمولینک این است که کمترین وقت و دغدغه ممکن را از برنامه‌نویس صرف می‌کند و به همین دلیل در کارهای مهندسی به جای این که وقت مهندس یا طراح صرف برنامه‌نویسی شود، به حل مسائل اصلی معطوف می‌شود. همین قابلیت باعث شده که امروزه در حوزه طراحی و تحلیل سامانه‌ها، توجه ویژه‌ای به این محیط برنامه‌نویسی شود و به عنوان گزینه اصلی مهندسان حوزه‌های مختلف فنی مطرح باشد.



برای بهره‌گیری از نرم‌افزار سیمولینک، چنانچه بر روی کامپیوترتان، نرم‌افزار متلب بصورت کامل نصب شود، سیمولینک نیز به همراه آن نصب می‌شود (طبق اعلام کمپانی تولیدکننده‌ی نرم‌افزار متلب با نام MathWorks، قیمت هر بخش از متلب و سیمولینک تقریباً بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ دلار است! متلب و سیمولینک مجموعاً شاید ۱۰۰ بخش داشته باشند). اما برای مطالعه‌ی این کتاب، چه نسخه‌ای از متلب نصب شود؟ اصولاً قواعد سیمولینک در تمام نسخه‌های سیمولینک ثابت است اما اگر تمایل دارید با ظاهر جدید سیمولینک، متناسب با این کتاب کار کنید، نسخه‌ی متلب ۲۰۱۲ به بعد توصیه می‌شود. یادآور می‌شود که تا زمان چاپ کتاب، در شش ماه اول هر سال میلادی یک نسخه‌ی *a* و در شش ماه دوم سال میلادی یک نسخه‌ی *b* انتشار می‌یابد! از سال ۲۰۱۶، نسخه‌ی متلب و سیمولینک برای ویندوزهای ۳۲ بیتی عرضه نشده است و حتماً نسخه‌ی ۶۴ بیتی آن باید تهیه شود.

برای حداکثر استفاده از توانمندی سیمولینک، این کتاب به هفت بخش مجزا تقسیم شده است؛ در بخش اول این کتاب مفاهیم عمومی سیمولینک که پیش‌نیازی بر دیگر فصول است؛ تشریح می‌شود. عمده‌ی تمرکز این بخش بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های دینامیکی استوار است. در بخش دوم کتاب، مفاهیم برنامه‌نویسی که در ارتباطی بین سیمولینک و متلب است بیان می‌گردد. در بخش سوم کتاب، مفاهیم تجزیه و تحلیل (معروف به Mask)، گرافیک و انیمیشن سیمولینک (معروف به Virtual Reality)، جهت ایجاد مدل‌های سفارشی و تجاری ارائه می‌شود. در بخش چهارم کتاب، توانمندی‌های سیمولینک در زمینه‌ی تجزیه و تحلیل سیستم‌های دینامیکی با یافتن نقاط تعادل، خطی‌سازی و تعیین پهنای باند سیستم‌های کنترلی، توصیف می‌شود. در بخش پنجم کتاب، مراحل تولید خودکار مدل‌های سیمولینک به کدهای برنامه‌نویسی قابل استفاده در زبان C و یا سخت‌افزارهای متداول ارائه می‌گردد. در بخش ششم، جعبه‌ابزار شبیه‌سازی بلادرنگ (معروف به xPC Target) جهت ارتباط سیمولینک با وسایل سخت‌افزاری تشریح می‌شود. در بخش هفتم نیز، مفاهیم جریان حالت (معروف به Stateflow) برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی وسایل حالت‌پایه بیان می‌شود. باید توجه داشت؛ مطالعه‌ی دو فصل اول کتاب الزامی است، اما بقیه‌ی فصول مستقل هستند و مطالعه‌ی آنها متناسب با نیاز کاربران قابل انتخاب است.



در نگارش جزء به جزء کتاب، از تجربیات بسیاری از اساتید، دوستان و دانشجویان کلاس متلب و سیمولینک استفاده شده است؛ لذا جا دارد از تمامی کسانی که در نگارش این کتاب ما را یاری داده‌اند تشکر و قدردانی شود. از آقای مهندس سید حسین صالحی که مکتوباتشان در حوزه کاربری‌های سخت‌افزار در حلقه، نقش پررنگی در تدوین بخش ششم داشت، تشکر و قدردانی ویژه می‌گردد. از طرفی بخش‌های عمومی از محتوای این کتاب سیمولینک، قبلاً در محیط قدیمی سیمولینک توسط انتشارات کیان رایانه به چاپ رسیده است، لذا از این انتشارات به دلیل موافقت در بهره‌گیری از محتوای کتاب مرجع کاربردی سیمولینک نهایت تشکر و قدردانی می‌شود و نویسندگان را برای آشنایی با محیط قدیمی سیمولینک به این کتاب ارجاع می‌دهیم.

با توجه به این‌که این کتاب بر مبنای تجربیات نویسندگان آن نگارش شده است، ممکن است نواقصی در آن دیده شود. لذا از خوانندگان درخواست می‌گردد در صورت مشاهده هرگونه نقص آن را با به استادن دکتر نیکی daстанpour.a@gmail.com یا Mohammad.Fathi63@gmail.com و یا وبسایت WWW.Simulink.blogfa.com مطرح نمایند.



فهرست مطالب

.....	مقدمه مؤلف	۵
۱۹	بخش ۱: مدل سازی و شبیه سازی	
۲۱	فصل اول: مقدمه	
۲۳	فصل دوم: شروع کار سریع	
۲۳	۱-۲- فرآیند سیمولینک	
۲۵	۲-۲- مثال: عملیات ریاضی و تفویض در سیمولینک	
۳۱	۳-۲- مثال: عملیات ریاضی ضرب در سیمولینک	
۳۲	۴-۲- مثال: مدل سازی یک معادله جبری ساده	
۳۴	۵-۲- مثال: انتقال گیری از سینوس	
۴۱	فصل سوم: شبیه سازی معادلات دیفرانسیل	
۴۱	۱-۳- مثال: معادله دیفرانسیل با شرایط اولیه	
۴۴	۲-۳- مثال: معادله دیفرانسیل با شرایط نهایی	
۴۶	۳-۳- مثال: مدل سازی یک سیستم فیزیکی ساده	
۴۶	۱-۳-۳- روش حل اول: استفاده از بلوک های پایه	
۴۸	۲-۳-۳- روش حل دوم: بلوک تابع تبدیل	
۵۰	۳-۳-۳- روش حل سوم: بلوک فضای حالت	
۵۱	۴-۳- مثال: تنظیمات نوع حل کننده ی شبیه سازی	
۵۴	۵-۳- مثال: تنظیمات گام شبیه سازی	
۵۵	۶-۳- تنظیمات نحوه ی اجرا (Normal یا Accelerator)	
۵۶	۷-۳- تنظیمات حلقه ی جبری (Algebraic Loop)	
۵۹	فصل چهارم: ایجاد زیرسیستم ها	
۵۹	۱-۴- نحوه ی ایجاد Subsystem	
۶۲	۱-۴-۱- مثال: حل دستگاه معادلات دیفرانسیل خطی	
۶۵	۱-۴-۲- مثال: حل دستگاه معادلات دیفرانسیل غیر خطی	
۷۰	۱-۴-۳- مثال: حل دستگاه معادلات جبری	
۷۴	۱-۴-۴- مثال: شبیه سازی معادلات قطار	
۷۶	۲-۴- ساخت مدل با زیرسیستم Atomic	
۷۶	۱-۴-۲-۴- مثال: ساخت مدل با زیرسیستم Atomic	

**فصل پنجم: مفاهیم برداری و ماتریسی**

- ۷۹-۱-۵- عملیات ریاضی برداری و ماتریسی..... ۷۹
- ۷۹-۱-۱-۵- مثال: حاصل جمع برداری..... ۷۹
- ۸۳-۲-۱-۵- مثال: ایجاد بردار با بلوک‌های Mux و Demux..... ۸۳
- ۸۴-۳-۱-۵- مثال: انتخاب مولفه‌های بردار با بلوک Selector..... ۸۴
- ۸۵-۴-۱-۵- مثال: ساخت ماتریس..... ۸۵
- ۸۹-۵-۱-۵- مثال: انتخاب بردار با بلوک Multiport Switch..... ۸۹
- ۹۰-۶-۱-۵- مثال: نام‌گذاری سیگنال‌ها..... ۹۰
- ۹۰-۷-۱-۵- مثال: ایجاد بردار با بلوک‌های Bus Selector و Bus Creator..... ۹۰
- ۹۲-۲-۵- مثال: ماتریس برداری و ماتریسی..... ۹۲
- ۹۲-۱-۲-۵- مثال: ماتریس برداری..... ۹۲
- ۹۴-۲-۲-۵- مثال: ماتریس برداری..... ۹۴
- ۹۵-۳-۲-۵- مثال: ماتریس برداری..... ۹۵

فصل ششم: زیرسیستم‌های شرطی

- ۹۹-۱-۶- ساخت مدل با زیرسیستم If..... ۹۹
- ۱۰۰-۱-۱-۶- مثال: ساخت تابع دو ضابطه‌ای با بلوک Merge..... ۱۰۰
- ۱۰۱-۲-۱-۶- مثال: ساخت تابع دو ضابطه‌ای بدون بلوک Merge..... ۱۰۱
- ۱۰۵-۳-۱-۶- مثال: ساخت تابع چند ضابطه‌ای..... ۱۰۵
- ۱۰۶-۴-۱-۶- مثال: ساخت تابع چند ضابطه‌ای و چند ورودی..... ۱۰۶
- ۱۰۷-۲-۶- ساخت مدل با زیرسیستم Switch case..... ۱۰۷
- ۱۰۸-۱-۲-۶- مثال: تعیین اعداد زوج یا فرد تک رقمی..... ۱۰۸
- ۱۰۹-۳-۶- ساخت مدل با زیرسیستم Enabled..... ۱۰۹
- ۱۱۱-۱-۳-۶- مثال: بکاراندازی سیستم در حین اجرا..... ۱۱۱
- ۱۱۴-۴-۶- ساخت مدل با بلوک Switch..... ۱۱۴
- ۱۱۴-۱-۴-۶- مثال: شروط دو حالت..... ۱۱۴
- ۱۱۵-۵-۶- بلوک‌های منطقی و مقایسه‌ای..... ۱۱۵
- ۱۱۶-۱-۵-۶- مثال: ماشین با کنترل شرطی..... ۱۱۶

فصل هفتم: زیرسیستم‌های تکراری

- ۱۱۹-۱-۷- ساخت مدل با زیرسیستم for..... ۱۱۹
- ۱۲۲-۱-۱-۷- مثال: پیاده‌سازی قاعده‌ی جمع با تنظیم reset..... ۱۲۲
- ۱۲۳-۲-۱-۷- مثال: پیاده‌سازی قاعده‌ی جمع با تنظیم held..... ۱۲۳
- ۱۲۵-۳-۱-۷- مثال: پیاده‌سازی جمع مولفه‌های ماتریس..... ۱۲۵



۱۲۶-۲-۷ ساخت مدل با زیرسیستم White.....

۱۲۸-۱-۲-۷ مثال: محاسبه‌ی مری.....

فصل هشتم: درون‌یابی و برون‌یابی - سیگنال‌های دلخواه

۱۳۱-۱-۸ کار با جدول مراجعه.....

۱۳۳-۱-۱-۸ مثال: جدول مراجعه یک بعدی.....

۱۳۴-۲-۱-۸ مثال: جدول مراجعه دو بعدی.....

۱۳۵-۳-۱-۸ مثال: جدول مراجعه چند بعدی.....

۱۳۸-۲-۸ کار با بلوک From Workspace.....

۱۳۸-۱-۲-۸ مثال: درآوردن داده از مدل.....

۱۳۹-۳-۸ تولید سیگنال‌های دلخواه.....

۱۳۹-۱-۳-۸ مثال: ساخت سیگنال مری.....

فصل نهم: سیستم‌های گسسته

۱۴۳-۱-۹ قواعد گسسته‌سازی معادلات دیفرانسیل.....

۱۴۴-۱-۱-۹ مثال: گسسته‌سازی معادلات دیفرانسیل با بلوک Unit Delay.....

۱۴۵-۲-۱-۹ مثال: گسسته‌سازی معادلات دیفرانسیل با بلوک Sample and Hold.....

۱۴۶-۳-۱-۹ مثال: گسسته‌سازی معادلات دیفرانسیل جرم- فنر دمپر.....

۱۴۸-۲-۹ قواعد گسسته‌سازی توابع تبدیل.....

۱۴۹-۱-۲-۹ مثال: گسسته‌سازی تابع تبدیل جرم- فنر و دمپر.....

۱۵۲-۲-۹ قواعد نمونه‌برداری.....

۱۵۲-۱-۳-۹ مثال: تنظیم زمان نمونه‌برداری.....

۱۵۳-۲-۳-۹ مثال: عملیات ریاضی بر روی سیگنال‌های نمونه‌برداری شده.....

۱۵۵-۳-۳-۹ مثال: شبیه‌سازی سیستم گسسته.....

۱۵۰-۴-۳-۹ مثال: حالت SingleTasking در نمونه‌برداری متفاوت.....

۱۶۰-۵-۳-۹ مثال: حالت MultiTasking در نمونه‌برداری متفاوت.....

۱۶۲-۶-۳-۹ مثال: زمان نمونه‌برداری انتگرال.....

فصل دهم: نوع داده

۱۶۵-۱-۱۰ تبدیل نوع داده در سیمولینک به uint8.....

۱۶۸-۲-۱۰ تبدیل نوع داده در سیمولینک به int8.....

۱۶۸-۳-۱۰ هماهنگ کردن نوع داده‌ها.....

۱۷۰-۴-۱۰ کار با بیت‌ها.....

۱۷۴-۵-۱۰ بسته‌بندی داده‌ها با بلوک Pack.....



۱۷۷ ۱۰-۶ باز کردن بسته‌بندی داده‌ها با بلوک Unpack

۱۷۸ ۱۰-۷ تشکیل فریم

۱۷۹ فصل یازدهم: مدیریت مدل سیمولینک

۱۷۹ ۱۱-۱ ذخیره‌سازی mdl یا slx در نسخه‌های متفاوت

۱۸۰ ۱۱-۲ قفل‌گذاری بر روی مدل (slxp)

۱۸۰ ۱۱-۳ مقایسه دو فایل سیمولینک

۱۸۱ ۱۱-۴ جستجو در مدل سیمولینک

۱۸۲ ۱۱-۵ مدیریت نسخه‌های مدل در سیمولینک

۱۸۲ ۱۱-۶ تنظیمات کلی سیمولینک با Preferences

۱۸۳ بخش ۲: برنامه: سی و تابع نویسی در سیمولینک

۱۸۴ فصل اول: مقدمه

۱۸۵ فصل دوم: برنامه‌نویسی در سیمولینک

۱۸۵ ۲-۱ برنامه‌نویسی ساده در سیمولینک: بلوک Fcn

۱۸۵ ۲-۱-۱ مثال: محاسبه جذر دو عدد

۱۸۶ ۲-۱-۲ مثال: شبیه‌سازی ماشین با کنترلر PID

۱۹۱ ۲-۲ ارسال داده با بلوک To Workspace

۱۹۱ ۲-۲-۱ مثال: مدل‌سازی معادله نیوتن

۱۹۳ ۲-۲-۲ مثال: حل معادله ریگانی

۱۹۵ ۲-۲-۳ مثال: حل معادله جبری و دیفرانسیل

۲۰۱ ۲-۳ ارسال داده با Scope

۲۰۲ ۲-۳-۱ مثال: ذخیره‌ی داده با نوع Array

۲۰۳ ۲-۳-۲ مثال: ذخیره‌ی داده با نوع Structure

۲۰۳ ۲-۴ تنظیم پارامترهای سیمولینک با دستورات

۲۰۴ ۲-۴-۱ استفاده از دستور set_param

۲۰۴ ۲-۴-۲ استفاده از دستور get_param

۲۰۵ فصل سوم: تابع نویسی در سیمولینک

۲۰۵ ۳-۱ ساخت توابع

۲۰۶ ۳-۱-۱ مثال: محاسبه جذر دو عدد

۲۰۷ ۳-۱-۲ مثال: ادغام تابع متلب در مدل سیمولینک

۲۰۷ ۳-۱-۳ مثال: ایجاد تابع با چند خروجی

۲۰۹ ۳-۱-۴ مثال: استفاده از توابع عددی متلب در سیمولینک

۲۱۰ ۳-۱-۵ مثال: تولید پیام خطای دلخواه



فصل چهارم: شبیه‌سازی مونت کارلو ۲۱۳

۱-۴- اعداد تصادفی با توزیع نرمال ۲۱۳

۲-۴- سیمولینک در حلقه ۲۱۴

۱-۳-۴- مثال: سیمولینک در حلقه ۲۱۴

فصل پنجم: فراخوانی سیمولینک از درون توابع ۲۱۹

۱-۵- قواعد فراخوانی سیمولینک از درون توابع ۲۱۹

۲-۵- قواعد گزینشی Sreworkspace و Dstworkspace ۲۱۹

۱-۲-۵- مثال: بهینه‌سازی در سیمولینک ۲۲۰

۲-۲-۵- مثال: معادلات دیفرانسیل با شرایط نهایی ۲۲۲

۳-۲-۵- مثال: دست‌انداز معادلات دیفرانسیل با شرایط نهایی ۲۲۳

۴-۲-۵- مثال: بهینه‌سازی با استفاده از ابزاری یک پاندول ۲۲۵

فصل ششم: صفحه رابط گرافیکی برای سیمولینک ۲۲۷

۱-۶- مثال: تعیین متغیرهای جرم فنر-دمپر ۲۲۷

۲-۶- مثال: ارتباط سیمولینک با GUI ۲۲۹

فصل هفتم: ایجاد مدل سیمولینک با برنامه‌نویسی ۲۳۱

۱-۷- مثال: ایجاد مدل ساده ۲۳۱

۲-۷- مثال: تنظیم پارامترهای پلوک سیمولینک ۲۳۲

۳-۷- مثال: ساخت زیرسیستم ۲۳۴

فصل هشتم: ایجاد توابع اس سطح یک با ام فایل ۲۳۷

۱-۸- الگوی توابع اس سطح یک در متلب ۲۳۷

۲-۸- مثال اول: تابع ساده ۲۳۹

۳-۸- مثال دوم: انتگرال گیری ۲۴۱

۴-۸- مثال سوم: حل معادله‌ی دیفرانسیل خطی ۲۴۳

۵-۸- مروری بر نحوه‌ی کار توابع اس ۲۴۵

فصل نهم: ایجاد توابع اس سطح دو با ام فایل ۲۴۷

۱-۹- الگوی توابع اس سطح دو در متلب ۲۴۷

۲-۹- مثال اول: تابع ساده ۲۴۷

۳-۹- مثال دوم: انتگرال گیری ۲۴۹



بخش ۳: تجاری سازی و انیمیشن در سیمولینک

فصل اول: مقدمه

فصل دوم: ایجاد ماسک برای زیرسیستم‌ها

- ۲۵۵ ۱-۲ ساخت پنجره کاربر
- ۲۵۹ ۲-۲ طراحی نمای ظاهری زیرسیستم
- ۲۶۳ ۳-۲ تدوین اولیه‌ی پارامترها در زیرسیستم‌ها
- ۲۶۳ ۱-۳-۱ مثال اول: ماسک ذخیره داده در فایل
- ۲۶۶ ۲-۳-۲ مثال دوم: ایجاد ماسک با مقدار پیش فرض
- ۲۷۰ ۴-۲ تدوین راهت‌های زیرسیستم
- ۲۷۱ ۵-۲ تدوین ماسک‌های زیرسیستم
- ۲۷۲ ۶-۲ دستورالعمل کاربر در ماسک‌ها
- ۲۷۲ ۱-۶-۲ دستور set_param
- ۲۷۲ ۲-۶-۲ دستور gcs
- ۲۷۲ ۳-۶-۲ دستور set_param
- ۲۷۳ ۴-۶-۲ دستور set_param
- ۲۷۴ ۵-۶-۲ کاربرد set_param و set_param در ماسک‌ها

فصل سوم: ایجاد کتابخانه

- ۲۷۵ ۱-۲ ساخت کتابخانه بلوکی
- ۲۷۶ ۱-۱-۳ مثال: ساخت کتابخانه با دو زیرسیستم
- ۲۷۷ ۲-۳ استفاده از بلوک‌های کتابخانه
- ۲۷۷ ۱-۲-۳ مثال: ساخت مدل با بلوک‌های کتابخانه
- ۲۷۸ ۳-۳ قطع اتصال از کتابخانه
- ۲۷۹ ۴-۳ افزودن کتابخانه سفارشی به صفحه کتابخانه‌ی سیمولینک
- ۲۷۹ ۱-۴-۳ مثال: ایجاد لینک کتابخانه‌ی سفارشی

فصل چهارم: ساخت انیمیشن در سیمولینک

- ۲۸۱ ۱-۴ نرم‌افزار گرافیکی V-Realm Builder 2.0
- ۲۸۳ ۲-۴ مثال اول: ساخت مکعب
- ۲۹۰ ۱-۲-۴ اضافه کردن نور به صحنه
- ۲۹۳ ۲-۲-۴ اضافه نمودن دوربین
- ۳۰۱ ۳-۴ مثال دوم: شبیه‌سازی گرافیکی تغییر شکل کره با دو مکعب
- ۳۰۲ ۱-۴-۴ ساخت مدل سیمولینکی
- ۳۰۵ ۲-۳-۴ ساخت مدل گرافیکی کره
- ۳۰۸ ۳-۳-۴ ساخت مدل گرافیکی مکعب‌ها
- ۳۱۰ ۴-۳-۴ اتصال مدل سیمولینکی به انیمیشن



- ۳۱۲ ۴-۴- مثال سوم: ساخت مدل با یک نرم‌افزار گرافیکی (کتیا)
- ۳۱۸ ۵-۴- مثال چهارم: برخورد گلوله با صفحه
- ۳۱۹ ۱-۵-۴- ساخت مدل سیمولینکی
- ۳۲۱ ۲-۵-۴- ساخت مدل گرافیکی
- ۳۲۳ ۳-۵-۴- اتصال مدل سیمولینکی به انیمیشن
- ۳۲۴ ۶-۴- مثال پنجم: برخورد گلوله با صفحه با کاهش انرژی
- ۳۲۴ ۱-۶-۴- اصلاح مدار سیمولینکی
- ۳۲۶ ۲-۶-۴- اصلاح مدل گرافیکی
- ۳۲۶ ۳-۶-۴- اتصال مدل سیمولینکی به انیمیشن
- ۳۲۷ ۷-۴- پیوست: مروری بر چند بلوک کاربردی
- ۳۲۷ ۱-۷-۴- بلوک Clapnet product
- ۳۲۸ ۲-۷-۴- بلوک No normalize Vector
- ۳۲۸ ۳-۷-۴- دوران بین دو بردار (بلوک Rotation Between Vectors)
- ۳۲۹ ۴-۷-۴- تغییر جهت دید به وضعیت VKview
- ۳۲۹ ۵-۷-۴- تبدیل ماتریس دوران به محور و زاویه دوران
- ۳۳۰ ۶-۷-۴- نگارش داده‌ها از سیمولینک به انیمیشن (بلوک Write to VR)
- ۳۳۲ ۷-۷-۴- توزیع سیگنال (بلوک VR Signal Expander)

۳۳۳ فصل پنجم: زبان VRML و نرم‌افزار V-Realm Builder

- ۳۳۳ ۱-۵- شرح نود Insert Group و کار با children
- ۳۴۱ ۲-۵- شرح نود Insert Transform, Insert Use و کار با کتابخانه
- ۳۵۱ ۳-۵- شرح نود Insert Anchor, Insert Inline و کار با url
- ۳۵۵ ۴-۵- شرح نود Insert Billboard و کار با Insert Indexed Face Set
- ۳۵۷ ۵-۵- شرح نود Insert PROTO Instance و Insert PROTO

۳۶۱ بخش ۴: تجزیه، تحلیل و طراحی برای سیستم‌های دینامیکی

۳۶۲ فصل اول: مقدمه

۳۶۳ فصل دوم: نقاط تعادل

- ۳۶۳ ۱-۲- نقطه‌ی تعادل سیستم‌های غیرخطی
- ۳۶۴ ۱-۱-۲- مثال اول: نقطه‌ی تعادل سیستم بدون ورودی
- ۳۶۵ ۲-۱-۲- مثال دوم: نقطه‌ی تعادل سیستم با ورودی
- ۳۶۷ ۳-۱-۲- مثال سوم: نقطه‌ی تعادل سیستم خطی
- ۳۶۹ ۴-۱-۲- مثال چهارم: نقطه تعادل در مدل دارای تابع تبدیل



۳۷۱ فصل سوم: سیستم‌های خطی

- ۳۷۱-۱-۳ مدل خطی برای سیستم‌های غیر خطی..... ۳۷۱
- ۳۷۲-۱-۳-۱ مثال اول: مدل خطی سیستم بدون ورودی..... ۳۷۲
- ۳۷۷-۱-۳-۲ مثال دوم: مدل خطی سیستم با ورودی..... ۳۷۷
- ۳۸۰-۱-۳-۳ مثال سوم: خطی‌سازی در مدل دارای تابع تبدیل..... ۳۸۰

۳۸۱ فصل چهارم: سیستم‌های کنترلی

- ۳۸۱-۱-۴ اصول طراحی کنترل کننده..... ۳۸۱
- ۳۸۳-۱-۴-۱ مثال اول SISO: مسأله‌ی پاندول معکوس..... ۳۸۳
- ۳۸۸-۱-۴-۲ مثال دوم SISO: مسأله‌ی توپ مغناطیسی..... ۳۸۸
- ۳۹۱-۱-۴-۳ مثال سوم MIMO: مسأله‌ی خطی چند متغیره..... ۳۹۱

۳۹۵ بخش ۵: تولید کد خود ار در سیمولینک

۳۹۶ فصل اول: مقدمه

۳۹۷ فصل دوم: نصب کامپایلر

- ۳۹۷-۱-۱-۲ راهکار اول: شناسایی کامپایلرهای موجود با اینترنت..... ۳۹۷
- ۳۹۷-۱-۲ کامپایلرهای قابل نصب..... ۳۹۷
- ۳۹۸-۲-۱-۲ راهکار دوم: شناسایی کامپایلرهای قابل نصب از سایت MathWorks..... ۳۹۸
- ۴۰۰-۲-۲ نحوه‌ی نصب کامپایلر در محیط سیمولینک..... ۴۰۰
- ۴۰۰-۲-۱-۳ ایرادهای نصب کامپایلر..... ۴۰۰

۴۰۳ فصل سوم: تولید خودکار کد

- ۴۰۳-۱-۳ گام اول: نصب کامپایلر..... ۴۰۳
- ۴۰۳-۲-۳ گام دوم: ایجاد پوشه‌ی کاری..... ۴۰۳
- ۴۰۴-۳-۳ گام سوم: تنظیم پارامترهای برنامه..... ۴۰۴
- ۴۰۶-۴-۳ گام چهارم: ساخت کد..... ۴۰۶

۴۰۹ فصل چهارم: تولید کد با الگوی اس

- ۴۰۹-۱-۴ مراحل تولید کد با الگوی rtwsfcn..... ۴۰۹
- ۴۱۳-۲-۴ استفاده از کد بلوک تابع اس..... ۴۱۳
- ۴۱۴-۳-۴ تولید کد از بلوک زیرسیستم..... ۴۱۴

۴۱۷ فصل پنجم: تولید کد با الگوی ایجاد فایل‌های اجرایی

- ۴۱۷-۱-۵ مراحل تولید کد با الگوی rsim..... ۴۱۷
- ۴۱۹-۲-۵ استفاده از فایل اجرایی (exe)..... ۴۱۹



فصل ششم: تولید کد با الگوی Visual C/C++

۴۴۱

۴۴۱

۴۴۲

۴۴۵

بخش ۶: شبیه‌سازی بلادرنگ (xPC Target)

۴۴۶

فصل اول: مقدمه

۴۴۷

فصل دوم: رهنمودهای سخت‌افزاری شبیه‌سازی بلادرنگ از طریق شبکه

۴۴۷

۴۴۷

۴۴۸

۴۴۸

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

فصل سوم: ارتباط شبکه بین کامپیوتر میزبان و هدف

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹

۴۴۹



۴۶۷ فصل سوم: تعریف اقدام در بلوک حالت

۴۶۷ ۳-۱- مثال اول: پیاده‌سازی اقدام‌ها در بلوک حالت

۴۷۰ ۳-۲- مثال دوم: کار با اقدام حالت‌ها

۴۷۵ فصل چهارم: بیدار کردن Stateflow

۴۷۵ ۱- مثال اول: طراحی بیدارکننده

۴۷۹ فصل پنجم: حالت‌های OR و And

۴۷۹ ۵-۱- مثال: تم نهایی هوا

۴۸۲ ۵-۱-۱- گام اول: تعریف ورودی‌ها و خروجی‌ها

۴۸۲ ۵-۱-۲- سوم: تعریف حالت‌ها

۴۸۵ ۵-۱-۳- گام دوم: تعریف اقدام‌ها و متغیرها

۴۸۷ ۵-۱-۴- گام پنجم: تعریف انتقال بین حالت‌ها

۴۸۸ ۵-۱-۵- گام ششم: تعریف انتقال‌های پیش فرض

۴۹۰ ۵-۱-۶- گام هفتم: تعریف شرط

۴۹۱ ۵-۱-۷- گام هشتم: رویدادها

۴۹۳ ۵-۱-۸- گام نهم: اجرای شبیه‌سازی

۴۹۶

منابع و مراجع