

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آشوب گسسته

با کاربردهایی در علوم و مهندسی

صابر الایدی

مترجمان:

دکتر رسول کاظمی
عضو هیأت علمی دانشگاه کاشان

دکتر محمدحسین اکرمی ابرقوئی
عضو هیأت علمی دانشگاه یزد

سرشناسه	: البیدی، صابر ان، ۱۹۴۳ - م. Elaydi, Saber
عنوان و نام پدیدآور	: آشوب گسسته با کاربردهایی در علوم و مهندسی / صابر الایدی؛ مترجمین محمدحسین اکرمی ابرقویی، رسول کاظمی.
مشخصات نشر	: یزد: دانشگاه یزد، انتشارات، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۹۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-8571-16-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Discrete Chaos, Second Edition : With Applications in Science and Engineering.
موضوع	: دستگاه‌های دینامیکی دیفرانسیل پذیر
موضوع	: Differentiable dynamical systems :
موضوع	: معادله‌های تفاضلی
موضوع	: Difference equations :
موضوع	: رفتار آشوبناک در سیستم‌ها
موضوع	: Chaotic behavior in systems :
شناسه افزوده	: اکرمی ابرقویی، محمدحسین، ۱۳۶۶ -، مترجم
شناسه افزوده	: کاظمی، رسول، ۱۳۶۱ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه یزد انتشارات
رده بندی کنگره	: ۱۲۴QA/۶۱۳۹۵۸/الف
رده بندی دیویی	: ۲۹/۵۲۰۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۳۴۲۵
کد پیگیری	: ۴۵۲۰۷۹

مرکز انتشارات دانشگاه یزد

یزد، صفائیه، بلور دانشگاه صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵ تلفن: ۰۹-۳۸۲۱۱۶۷۰-۳۵

۰۳۵-۳۸۲۰۰۱۲۶ رند

عنوان: آشوب گسسته با کاربردهایی در علوم و مهندسی
مترجمان: دکتر محمدحسین اکرمی ابرقویی، رسول کاظمی

ویراستار: زهرا آقابگی

ناشر: انتشارات دانشگاه یزد

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: قم، چاپ هم میهن ۱۲۶۵۱۶۳۹۲

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت پشت جلد: ۲۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۵۷۱-۱۶-۲

شماره ثبت ارشاد: ۴۲۶-۹۵

مراکز پخش:

۱- موسسه کتابیران: تهران، خیابان لیافی نژاد، بین فروردین و اردیبهشت، پلاک ۲۳۸

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۱۱۱۷۳-۶۶۴۹۴۴۰۹

۲- کتابفروشی شهر کتاب: یزد، میدان آزادی، ابتدای خیابان فرخی،

تلفن: ۰۳۵-۳۶۲۷۱۵۳۸-۹

فهرست مطالب

مقدمه

۱	پایداری ناشت‌های یک بعدی	۱
۱.۱	مقدمه	۱.۱
۲.۱	نگاشت‌ها در برابر معادلات تفاضلی	۲.۱
۳.۱	نگاشت‌ها در برابر معادلات دیفرانسیل	۳.۱
۱.۳.۱	روش اویلر	۱.۳.۱
۲.۳.۱	نگاشت پوانکاره	۲.۳.۱
۴.۱	نگاشت‌ها یا معادلات تفاضلی خلی	۴.۱
۵.۱	نقاط ثابت (تعادل)	۵.۱
۶.۱	تکرار ترسیمی و پایداری	۶.۱
۷.۱	معیارهایی برای پایداری	۷.۱
۱.۷.۱	نقاط ثابت هذلولوی	۱.۷.۱
۲.۷.۱	نقاط ثابت غیر هذلولوی	۲.۷.۱
۸.۱	نقاط تناوبی و پایداری آن‌ها	۸.۱
۹.۱	دوبرابر سازی دوره تناوب راهی به سوی آشوب	۹.۱
۱.۹.۱	نقاط ثابت	۱.۹.۱
۲.۹.۱	دوره‌های ۲-تناوبی	۲.۹.۱
۳.۹.۱	دوره‌های ۳-تناوبی	۳.۹.۱
۴.۹.۱	فراتر از μ_{00}	۴.۹.۱
۱۰.۱	کاربردها	۱۰.۱
۱.۱۰.۱	مدل سازی جمعیت ماهی	۱.۱۰.۱

جذب و انشعاب

۱.۲	مقدمه	۱.۲
۲.۲	دامنه جذب نقاط ثابت	۲.۲
۳.۲	دامنه جذب مدارهای تناوبی	۳.۲
۴.۲	قضیه سینگر	۴.۲
۵.۲	انشعاب	۵.۲

۶.۲	قضیه شارکوفسکی	۸۱
۱.۶.۲	قضیه لی-یورک	۸۱
۲.۶.۲	عکس قضیه شارکوفسکی	۸۶
۷.۲	نگاشت لورنز	۹۱
۸.۲	دوبرابر سازی دوره تناوب در دنیای واقعی	۹۴
۹.۲	برش/نگاشت پوانکاره	۹۵
۱.۹.۲		۹۵
۲.۹.۲	واکنش شیمیایی بلوسوف-ژابوتینسکی	۹۷
	پیوست	۹۹

۳	آشوب	۱.۰.۳
۱.۳	مقایسه	۱.۰.۳
۲.۳	چگال بودن مجموعه نقاط تناوبی	۱.۰.۴
۳.۳	تزیایو	۱.۰.۷
۴.۳	واکنش جاس	۱.۱.۱
۵.۳	تعریف آشوب	۱.۱.۹
۶.۳	مجموعه‌های لانتو	۱.۲.۶
۷.۳	دینامیک نمادین	۱.۳.۱
۸.۳	تزیوچ	۱.۳.۶
۹.۳	مفاهیم دیگر آشوب	۱.۴.۲
۱۰.۳	جاذب راسلر	۱.۴.۴
۱۱.۳	حلقه‌های زحل	۱.۴.۶

۴	پایداری نگاشت‌های دوبعدی	۱.۵.۱
۱.۴	نگاشت‌های خطی در مقایسه دستگاه‌های خطی	۱.۵.۱
۲.۴	محاسبه A^n	۱.۵.۲
۳.۴	مجموعه اساسی جواب‌ها	۱.۵.۹
۴.۴	معادلات تفاضلی مرتبه دوم	۱.۶.۱
۵.۴	نمودارهای فضای فاز	۱.۶.۵
۶.۴	مفاهیم پایداری	۱.۷.۱
۷.۴	پایداری دستگاه‌های خطی	۱.۷.۴
۸.۴	صفحه اثر-دترمینان	۱.۷.۷
۱.۸.۴	تحلیل پایداری	۱.۷.۷
۲.۸.۴	ماهیت صفحه اثر-دترمینان	۱.۸.۲
۹.۴	توابع لیاپانف برای نگاشت‌های غیرخطی	۱.۸.۴
۱۰.۴	بازنگری دستگاه‌های خطی	۱.۹.۱
۱۱.۴	پایداری از طریق خطی سازی	۱.۹.۵
۱.۱۱.۴	قضیه هارتمن-گرایمن	۲.۰.۰
۲.۱۱.۴	قضیه منیفلد پایدار	۲.۰.۱

۲۰۴	کاربردها	۱۲.۴
۲۰۴	چرخنده ضربه‌ای و نگاشت هنون	۱.۱۲.۴
۲۰۶	نگاشت هنون	۲.۱۲.۴
۲۱۰	مدل مسری گسسته برای سوزاک	۳.۱۲.۴
۲۱۱	چمن چندساله	۴.۱۲.۴
۲۱۴	پیوست	

۵ انشعاب و آشوب در دو بُعد

۲۱۷	منیفلدهای مرکزی	۱.۵
۲۲۴	انشعاب	۲.۵
۲۲۴	مقادیر ویژه ۱ یا ۱-	۱.۲.۵
۲۲۵	یک جفت مقدار ویژه با اندازه ۱، انشعاب نیمارک-ساکر	۲.۱.۵
۲۳۲	خواررخنی چاره‌ای هذلولوی آنوسف	۳.۵
۲۳۷	دینامیک نمادین	۴.۵
۲۳۸	پیرانتین از نوع متناهی	۱.۴.۵
۲۴۲	نگاشت‌های تعلی است و	۵.۵
۲۴۵	نگاشت هنون	۱.۵.۵
۲۵۱	یک مطالعه موردی: اعراض و درام در تمدن‌های باستانی	۶.۵
۲۵۸	پیوست	

۶ فرکتال‌ها

۲۶۱	مثال‌هایی از فرکتال‌ها	۱.۶
۲۶۷	L-دستگاه	۲.۶
۲۶۹	بعد یک فرکتال	۳.۶
۲۷۹	دستگاه تابع تکرار	۴.۶
۲۷۹	IFS تعینی	۱.۴.۶
۲۸۷	دستگاه تابع تکرار تصادفی و بازی آشوب	۲.۴.۶
۲۹۳	مبانی ریاضی فرکتال‌ها	۵.۶
۲۹۹	قضیه اختلاط رنگ‌ها و فشرده‌سازی تصویر	۶.۶

۷ مجموعه‌های ژولیا و مندلیبرات

۳۰۱	مقدمه	۱.۷
۳۰۱	نگاشت توابع روی دامنه مختلط	۲.۷
۳۰۸	کره ریمان	۳.۷
۳۱۲	مجموعه ژولیا	۴.۷
۳۱۹	خواص توپولوژیک مجموعه ژولیا	۵.۷
۳۲۴	روش نیوتن در صفحه مختلط	۶.۷
۳۲۸	مجموعه مندلیبرات	۷.۷
۳۲۸	خواص توپولوژیک	۱.۷.۷
۳۳۰	پرتوها و حباب‌ها	۲.۷.۷

۳۳۳	اعداد چرخش و جمع فارسی	۳.۷.۷
۳۳۴	دقت تصاویر	۴.۷.۷
۳۳۹	پاسخ تمرین‌های برگزیده	
۳۵۵	منابع	
۳۶۳	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	
۳۶۷	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	
۳۷۰	نمایه	

پیش‌گفتار مترجمان

کتاب حاضر مقدمه‌ای است بر نظریه دستگاه‌های دینامیکی گسسته که با نام آشوب گسسته توسط پروفیسور الایدی به رشته تحریر درآمده است. نظریه دستگاه‌های دینامیکی گسسته یکی از شاخه‌های علم ریاضی است که کاربردهای فراوانی در علوم زیستی، بوم‌شناسی، اقتصاد، علم بیماری‌های واگیردار، علوم اجتماعی، فیزیک و مهندسی دارد. این موضوع در سه دهه اخیر بیش از پیش مورد توجه ری‌سیدانان و دیگر دانشمندان علوم و مهندسی قرار گرفته است. اخیراً در ایران درسی با نام مبانی دستگاه‌های دینامیکی در دوره کارشناسی رشته ریاضیات و کاربردها و همچنین درسی با نام دستگاه‌های دینامیکی گسسته به عنوان درس تخصصی دوره کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی- گرایش معادلات دیفرانسیل و دستگاه‌های دینامیکی در نظر گرفته شده است. با این حال تا جایی که مترجمین اطلاع دارند، منابع فارسی که بتواند برای این دروس مورد استفاده قرار گیرد بسیار محدود است. به همین دلیل مترجمین تصمیم گرفتند که با کسب اجازه از مؤلف به ترجمه این کتاب بپردازند. این کتاب مرجع مناسبی است که بتواند به عنوان منبع درسی برای هر دو درس ذکر شده قرار گیرد. چهار فصل اول این کتاب کل بر فصل درسی مبانی دستگاه‌های دینامیکی را پوشش می‌دهد و کل کتاب نیز برای سرفصل درس دستگاه‌های دینامیکی گسسته مناسب است. لازم به ذکر است این کتاب به گونه‌ای نگاشته شده است که علاوه بر دانشجویان ریاضی، حتی برای دانشجویان علوم غیر ریاضی و مهندسی که تنها با مفاهیم ریاضی عمیق‌تری آشنایی دارند قابل استفاده است. از نقاط قوت این کتاب، این است که مقدمات لازم برای هر مبحث به‌جا یادآوری شده است و از این لحاظ کاملاً خودکفاست. علاوه بر این، در مثال‌ها و تمرین‌ها هر فصل، از کاربردهای آن مبحث در مدل‌های واقعی استفاده شده است که باعث ایجاد انگیزه و بینش در مدل‌کردن و حل مسائل واقعی می‌شود.

در پایان از تمام کسانی که ما را در این ترجمه یاری رسانده‌اند، به‌ویژه آقای دکتر ناصر نوروزی به خاطر نقطه نظرات ارزشمند و کارشناسانه‌اش در ترجمه کمال تشکر را داریم. امید است این ترجمه مورد قبول جامعه ریاضی کشور قرار گیرد. همچنین از همه همکاران، دانشجویان و علاقه‌مندان که از این کتاب به عنوان منبع درسی و یا برای مطالعه آزاد استفاده می‌کنند، صمیمانه دعوت می‌کنیم که نظرات اصلاحی و پیشنهادات خود را از طریق رایانامه به مترجمین ارسال کنند تا از آن در بهبود چاپ‌های بعدی استفاده شود.

محمدحسین اکرمی ابرقوئی

رسول کاظمی

زمستان ۱۳۹۵

مقدمه

مقدمه ویرایش دوم

ویرایش دوم، شفافیت ویرایش اول را حفظ می‌کند. ویژگی اصلی آن، گنجاندن بسیاری از نتایج اخیر در پانزده سراسری، انشعاب، آشوب و فرکتال است. پنج فصل اول این کتاب شامل جامع‌ترین تفسیر از دستگاه‌های دینامیکی گسسته در سطح پیشرفته برای کارشناسی و مقدماتی تحلیلات تکمیلی است. اضافات قابل توجه در این کتاب، k -دستگاه‌ها، پایداری اثر-دترمینان و تحلیل انشعاب، ساختار تناوبی حباب‌ها در مجموعه مندلبروت، تحلیل دقیق نظریه منیفلد مرکزی و نتایج جدید در پایداری سراسری است. به‌علاوه، کاربردهای جدیدی در زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک اضافه شده است. با این حال بیشترین بهبود، در نودوی است. یک سی‌دی از نسخه تطبیق شده فیزر^۱ توسط جیسون گلیک^۲ و حسین کوچک^۳ به پشت جلد این کتاب متصل شده، که حاوی تمام مطالب فصل‌های ۱ و ۴ است. مطالب برای درگاه^۴ سل^۵ از طریق آدرس:

<http://www.math.miami.edu/~hk/elaydi/>

قابل دانلود است. شما می‌توانید بلافاصله سی‌دی را از سایت^۶ درگاه^۴ و کار با فیزر را شروع کنید. این نرم‌افزار شما را قادر به تولید تمام نمودارهای کتاب می‌کند. می‌توانید از آن برای حل بسیاری از مسائل در تمرین‌ها استفاده کنید. اگر شما کاربر میپل یا متکاتکس^۷ تید، برنامه‌ها توسط هنریک اولیویرا^۸ و رافائل لوئیس^۹ نوشته شده بر روی وب سایت تیلور فرانسیس^{۱۰} قرار داده شده است. آنها را می‌توانید از قسمت «محصولات الکترونیکی» و سپس «دانلود وب روزنامه» در سمت راست وب سایت در <http://www.crcpress.com/> دریافت کنید.

بنده به دارنوم هوانگ^{۱۱} بسیار مدیون هستم که به طور کامل ویرایش اول را بررسی کرد و مجموعه‌ای از نظرات و پیشنهادات خردمندانه ارائه داد. او غلط‌های تایپی متعددی را در ویرایش اول برطرف کرد. سهم او در این کتاب بی‌اندازه است. از ریچارد نایدینگر^{۱۲} قدردانی صمیمانه دارم؛ زیرا انتقادات او منجر به بهتر شدن چندین بخش از این کتاب شده است. می‌خواهم از گرگ مورو^{۱۳} تشکر کنم که ویرایش اول را خواند و نظرات مفیدی داد، همچنین از دانشجوی وی دنیس دانکن^{۱۴} که غلط‌های تایپی و اشتباهات چاپی متعددی را برطرف نمود. از هنریک اولیویرا و دانشجوی مشترک‌مان

^۱ PHASER

^۲ Jason Glick

^۳ Huseyn Kocac

^۴ Henrique Oliveira

^۵ Rafael Luis

^۶ Darnum Huang

^۷ Richard Neidinger

^۸ Greg Morrow

^۹ Dennis Duncan

رافائل لوئیس به خاطر نوشتن برنامه‌های مپبل و متمتیکا برای این کتاب و به خاطر غلط‌گیری نخستین پیش‌نویس سپاس‌گزارم. از حسین کوچک، صمیمانه سپاسگزارم به خاطر کار بسیار زیادی که در تطبیق فیزر با مطالب این کتاب انجام داد. از رونالد میکنز^{۱۰} برای کمک‌های بسیار خود به این کتاب، دانشجویان AbiTUMath و مدیر آن آندریاس رافینگ^{۱۱} که پیشنهادات بسیاری برای بهبود این کتاب دادند، از زین جوان چن^{۱۲} به خاطر نظراتش در مورد انشعاب دوبرابرسازی دوره تناوب و از فوزی دانان^{۱۳} برای پیشنهادات خود که باعث بهبود این کتاب شد، تشکر می‌کنم. از سونیل نایر^{۱۴} تشکر صمیمانه دارم که حمایت و تشویق بی‌دریغ او باعث شد تا تکمیل این کتاب متفاوت شود. باعث افتخار من است که از حمایت لرد رابرت م. می^{۱۵} سپاسگزاری کنم؛ چرا که با بزرگواری نوشتن پیشگفتاری برای این کتاب را پذیرفت. در نهایت، مراتب قدردانی عمیق خود را از دنیس ویلسون^{۱۶} ابراز می‌دارم که نه تنها نسخه دستنویس را تایپ کرده، بلکه بسیاری از نمودارهای آن را رسم کرده است. بدون کمک او این کتاب هرگز راه به جایی نمی‌برد.

صابر الایدی
سن آنتانیو، آپریل ۲۰۰۷

• فن‌آوری

۱. فیزر: یک سی دی به پرت برای ضمیمه شده است. شما می‌توانید آن را نصب کرده و بلافاصله استفاده کنید. کمر را نیم ساعت طول می‌کشد تا آن را یاد بگیرید و نیازی به تجربه برنامه‌نویسی ندارد. فیزر می‌تواند تمام نمودارهای کتاب را تولید کند و در حل تمرین‌های متن و همچنین برای پژوهش در دستگاه‌های دینامیکی گسسته و معادلات تفاضلی استفاده شود. این مطالب را می‌توانید از

<http://www.math.miami.edu/~hk/elaydi/>.

دانلود کنید.

۲. مپبل و متمتیکا: جایگزین‌های فیزر، برنامه‌های جبری کامپیوتری من و متمتیکا هستند. برنامه‌های نوشته شده در هر دو را می‌توانید از وب سایت تیلور فرانسیس از قسمت «محصولات الکترونیکی» و سپس «دانلود و به روزرسانی» که در سمت راست وب سایت قرار گرفته از <http://www.crcpress.com/> دریافت کنید. این برنامه‌ها می‌توانند در حل تمرین‌های متن و همچنین برای پژوهش در دستگاه‌های دینامیکی گسسته و معادلات تفاضلی استفاده شوند. علاوه بر این، زمان زیادی طول نمی‌کشد تا قادر به استفاده از این برنامه‌ها شوید و هیچ تجربه قبلی لازم نیست.

سوالات در مورد فن‌آوری و کتاب را می‌توانید به نویسنده در selaydi@trinity.edu ارسال کنید.

^{۱۰} Ronald Mickens

^{۱۵} Lord Robert M. May

^{۱۱} Andreas Ruffing

^{۱۶} Denise Wilson

^{۱۲} Xinjuan Chen

^{۱۳} Fozi Dannan

^{۱۴} Sunil Nair

مقدمه ویرایش اول

این کتاب از درس دستگاه‌های دینامیکی گسسته/معادلات تفاضلی که من از ۱۹۹۲ در دانشگاه تربیتی تدریس می‌کردم، نشأت گرفته است. دانشجویان من دانشجویان سال سوم و ارشد در رشته‌های ریاضیات، علوم کامپیوتر، فیزیک و مهندسی بودند. دانشجویان نه تنها در سبک نوشتار و ارائه مطالب، بلکه با انتخاب تمرین‌ها و مطالب نیز درگیر شدند. من به تک تک آن‌ها بسیار مدیونم.

تنها پیش‌نیاز برای این درس، حساب دیفرانسیل و انتگرال و جبرخطی بود. سه فصل اول این درس با دینامیک نگاشت‌های یک-بُعدی سر و کار دارد. بنابراین، زمینه‌ای خوب در حساب دیفرانسیل و انتگرال برای درک مطالب این فصل‌ها کافی است. فصل‌های ۴، ۵ و ۶ به دانشی خوب از جبرخطی (که توسط یک درس استاندارد در جبرخطی ارائه شده است) نیاز دارند. فصل آخر روی دینامیک مختلط به بررسی مقدمات از متغیرهای مختلط نیازمند است.

سه دهه گذشته شاهد موجی از فعالیت‌های پژوهشی در نظریه آشوب و فرکتال بوده است. این دو موضوع، تصور خلاق دانشمندان و مردم را در مقیاس بزرگ، در سراسر جهان جلب کرده است. کتاب «آشوب» اثر یک علم جدید می‌شود» توسط جیمز گلیک^{۱۷} و همچنین فیلم «پارک ژوراسیک»^{۱۸} به محبوبیت نظریه آشوب بین میلیون‌ها نفر در سراسر جهان کمک کرده است.

کتاب‌های متعددی در زمینه آشوب و فرکتال نوشته شده‌اند. محدوده این کتاب‌ها از مقدماتی تا پیشرفته و از ریاضی محض تا کاربردی را دربرمی‌گیرد. کاربردها متغیر است. بنابراین، سؤال این است که با وجود کتاب‌های بسیار عالی در این زمینه، چه نیازی به یک کتاب دیگر است؟ اساساً چهار دلیل یا توجیه اصلی برای نوشتن این کتاب وجود دارد. مهم‌ترین آن‌ها، این است که می‌خواستم شرح کاملی از نظریه پایداری در بُعد یک و دو شامل روش معرف لاپانوف ارائه کنم. بسیاری از کتاب‌های کنونی در دستگاه‌های دینامیکی گسسته فاقد چنین توجیهی در پایداری‌اند. نظریه پایداری به نوبه خود یک حیطه مهم پژوهشی است، اما در زمینه نظریه آشوب نیز مهم است؛ زیرا مسیر آشوب از طریق پایداری است. دلیل دوم این است که می‌خواستم یک گزارش خوانا و قابل دسترس از فرکتال‌ها و ریاضیات پشت آنها ارائه کنم. سومین توجیه این است که می‌خواست کتاب شامل کاربردهایی از پدیده‌های جهان واقعی باشد که برای خوانندگان بیشتری مفید واقع شود. آخرین دلیل برای نوشتن این کتاب، این است که نشان بدهم اختلاف بین دستگاه‌های دینامیکی گسسته و معادلات تفاضلی یک اختلاف تصنعی است. به نظر من، تفاوت اصلی در بیشتر قسمت‌ها، نمادگذاری به کار رفته است. این کتاب هر دو نماد را ادغام کرده و باعث سهولت آن برای دانشجویان و پژوهشگران می‌شود که به‌طور همزمان به خواندن نوشته‌ها و کتاب‌ها با هر دو عنوان می‌پردازند.

این کتاب نظریه مدرن معادلات تفاضلی را مورد بحث قرار می‌دهد و می‌تواند به عنوان مکملی برای کتاب حاضر، «مقدمه‌ای بر معادلات تفاضلی» که جنبه‌های کلاسیک معادلات تفاضلی را ارائه می‌کند، در نظر گرفته شود.

دیگر ویژگی‌های مهم این کتاب به شرح زیر است:

- این کتاب شامل مجموعه‌ای بسیار گسترده و از تمرینات در پایان هر بخش است که به دقت انتخاب شده‌اند. تمرینات، بخش کاملی از کتاب را تشکیل می‌دهند. این تمرینات از مسائل عادی که برای یافتن مهارت‌های عادی طراحی شده تا مسائل پیچیده‌تری که برای فهم عمیق و کسب مهارت‌های تکنیکی طراحی شده‌اند، تغییر می‌کند. تمریناتی که با ستاره، مشخص

شده‌اند، چالش برانگیزند و برای پروژه‌های ترم یا مسائل تحقیقاتی برای درس‌های مطالعه آزاد و یا گروه‌های حل مسئله مناسب هستند.

۲. تلاش زیادی شده تا حتی سخت‌ترین مطالب به صورتی ارائه شوند که برای دانشجویان و محققان با پیشینه و علایق مختلف قابل فهم باشند.

۳. این کتاب خوانندگان را به اکتشافات ریاضی از طریق آزمایش کامپیوتری تشویق می‌کند. همه نمودارهای کتاب توسط برنامه‌های میل تولید شده‌اند. شما می‌توانید این برنامه‌ها را از <http://www.crcpress.com/> دانلود کنید. خوانندگان تشویق می‌شوند که این برنامه‌ها را بهبود ببخشند یا خود پیشرفت کنند.

در فصل ۱، شرح گسسته‌ای از دینامیک نگاشت‌های یک-بعدی ارائه می‌کنیم. در این فصل معیارهایی برای پایداری نقاط ثابت و تناوبی هذلولوی و غیرهذلولوی فراهم می‌کنیم. دوبرابری دوره تناوب، راهی به روش اشتراک نیز معرفی می‌شود. به عنوان یک کاربرد، یک مدل وراثتی در بخش ۹.۱ ارائه شده است.

فصل ۲ در ارتباط با قضیه شرکوفسکی است و اثبات آن در یک ضمیمه ارائه گردیده است. همچنین عکس آن نیز ارائه شده است. در بخش ۵.۲، مبانی نظریهٔ انشعاب ارائه شده است. این فصل، شامل نگاشت لورنز نیز می‌باشد.

در فصل ۳، یک مقدمهٔ کوتاه از فضاهاى متریک و دنبال آن یک معرفی جامع از نظریهٔ آشوب ارائه می‌دهیم. این امر با معرفی دینامیک نمادین و رویج، تسهیل می‌شود.

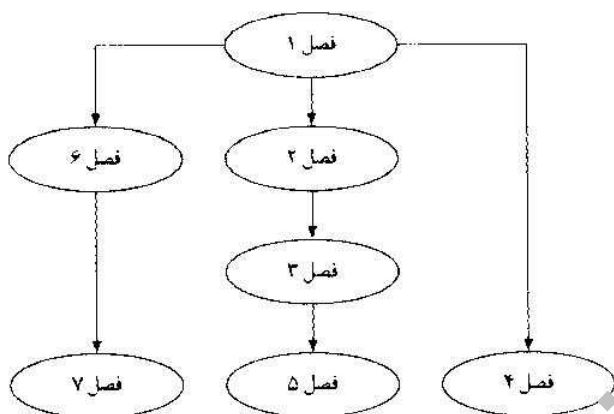
فصل ۴ بررسی وسیعی از پایداری نگاشت‌های دوبعدی فراهم می‌کند. این بررسی شامل نگاشت‌های خطی و همچنین معادلات تفاضلی مرتبه دوم است. پایداری نگاشت‌های غیرخطی به وسیلهٔ روش لیاپانف و خطی‌سازی مطالعه می‌شود. مقدمهٔ کرانه‌ها از قضیهٔ هارتمن-گراسمن و قضیهٔ منیفلد مرکزی نیز آورده می‌شود. در پایان فصل، سه کاربرد ارائه می‌کنیم: چرخندهٔ ضربه‌ای و نگاشت هنون، یک مدل مسری گسسته برای سوزاک و چمن چندساله.

در فصل ۵، آشوب نگاشت‌های دوبعدی را مطالعه می‌کنیم. این مطالعه شامل مطالعهٔ خودریختی‌های چنبره‌ای، دینامیک نمادین، زیرانتقال از نوع متناهی و نعل اسب اسمیل است. در یک بخش دربارهٔ منیفلد مرکزی و بخش دیگری در مورد انشعاب پایان می‌یابد. پدیدهٔ جالب این فصل انشعاب نیمارک-ساکر (هایف) است که در نگاشت‌های یک بعدی ظاهر نمی‌شود.

فصل ۶ گزارشی خواندنی و گسترده در مورد فرکتال‌های تولید شده توسط تبدیلات آفین و نظریهٔ اساسی دستگاه تابع تکرار ارائه می‌دهد. یک بخش در فشرده‌سازی تصویر برای تحریک علاقهٔ خواننده به این کاربرد مهم از فرکتال‌ها اضافه شده است.

در نهایت، فصل ۷ به بررسی دینامیک نگاشت یک بعدی در صفحهٔ مختلط می‌پردازد. این فصل می‌تواند به عنوان گسترش فصل ۱ به مجموعهٔ اعداد مختلط در نظر گرفته شود. مجموعهٔ ژولیا و خواص توپولوژیکی آن در بخش‌های ۳.۷ و ۴.۷ ارائه شده است. در بخش ۵.۷ روش نیوتن در دامنهٔ مختلط و دامنه‌های جذب متناظر با آن، مطالعه شده است. سپس، در بخش ۶.۷ مجموعهٔ معروف مندلبروت بررسی شده و به ارتباط آن با نمودار انشعاب نگاشت درجه دوم حقیقی مقدار پرداخته شده است.

نمودار زیر وابستگی متقابل فصل‌ها را نشان می‌دهد.



پیشنهادهای برای یک درس یک ترمی

این مطالب برای یک درس دو ترمی کافی است. پس مدرس، برای انتخاب مطالب، برای یک درس یک ترمی انعطاف پذیری زیادی دارد. در اینجا چند پیشنهاد وجود دارد:

۱. یک درس در نظریه آشوب می تواند تنها شامل فصل های ۱، ۲، ۳ و ۵ باشد.
۲. یک درس در آشوب یک-بعدی و نظریه پایداری می تواند شامل فصل های ۱، ۲، ۳ و ۴ باشد.
۳. یک درس در آشوب و فرکتال می تواند شامل فصل های ۱، ۳، ۶ و ۷ و یا فصل های ۱، ۳، ۴ و ۷ و یا فصل های ۱، ۲، ۳ و ۷ باشد.

سپاسگزاری

من مدیون رونالد میکنز هستم که نوشته ها را به طور کامل خواند و پیشنهادات متعددی ارائه کرد که پیش نویس نهایی این کتاب را بهبود بخشید. برای تشویق و حمایت وی در طول پروژه سپاسگزارم. از مایکل جی فیلد^{۱۹} که کل دست نوشته را با بینش و دقت بی نظیری خواند، قدردانی صمیمانه دارم. او بسیاری از اشتباهات و غلط های املائی در پیش نویس ها را بر رویه را برطرف کرد. توصیه های او به طور چشمگیری باعث بهبود این کتاب شد. از عبدالعزیز یاکوبو^{۲۰} که نظرات بسیار مفیدی ارائه داد و بسیاری از خطاها و اشتباهات نوشتاری را رفع کرد، تشکر صمیمانه دارم. از حسن صداقت^{۲۱} که پیشنهادات بسیار مفید او باعث بهبود بخش هایی از کتاب شد، سپاسگزارم. هنگام نوشتن این کتاب، من از بحث و گفتگو با روبرتو هسفورا^{۲۲}، ماریو مارтели^{۲۳}، آلن پترسون^{۲۴}، جیم کوشینگ^{۲۵}، جری لاداس^{۲۶}، تیموتی سائر^{۲۷}، لیندا آلن^{۲۸}، مروان آوارتانی^{۲۹}، فتحی آلن^{۳۰}، کلارا جانگلجیو^{۳۱} و جیا لی^{۳۲} بهره بردم. من از همراهی و بینش آنها سپاسگزارم.

^{۱۹}Michael J. Field^{۲۰}Abdul-Aziz Yakubu^{۲۱}Hassan Sedaghat^{۲۲}Roberto Hasfura^{۲۳}Mario Martelli^{۲۴}Allan Peterson^{۲۵}Jim Cushing^{۲۶}Gerry Ladas^{۲۷}Timothy Sauer^{۲۸}Linda Allen^{۲۹}Marwan Awartani^{۳۰}Fathi Allan^{۳۱}Klara Janglajew^{۳۲}Jia Li

می‌خواهم از دانشجویان REU: هارون هیپ^{۳۳}، فیلیپ لینچ^{۳۴}، جان می^{۳۵}، برایانت متیو^{۳۶} و نیک نویمان^{۳۷} برای خواندن منتقدانه دست‌نوشته‌ها و برای بسیاری از بحث‌ها و ایده‌های مفید، تشکر کنم. از دانشجویانم بروک لیدل^{۳۸}، جاشوا باکتر^{۳۹}، کریستینا کشمن^{۴۰}، راشل شفر^{۴۱}، وندی هندریکس^{۴۲} و اشلی مور^{۴۳}، که بسیاری از خطاها و اشتباهات نوشتاری را رفع کردند و پیشنهادات متعددی به منظور بهبود سبک و محتوا در برخی از پیش‌نویس‌های اولیه از دست‌نوشته ارائه کردند، سپاسگزارم. الن فیفر^{۴۴} و استفانی مور^{۴۵} کاری فوق‌العاده در نوشتن برنامه‌های میپل برای تولید نمودارهای کتاب انجام دادند؛ من از کمک‌های آن‌ها سپاسگزارم. از مینگ چیو^{۴۶} و اسکات شافر^{۴۷} برای تولید برخی از نمودارها و برای بسیاری از بحث‌های مفید در مورد موضوعات مختلف این کتاب، تشکر می‌کنم.

از آلتیا رابرت^{۴۸} که دست‌نوشته‌ها و بسیاری از نسخه‌های اصلاح شده را به دقت در لانک تایپ کرد، تشکر می‌کنم. در نهایت، از گروه ریاضی دانشگاه ترینتی برای حمایت قاطع خود در طول این پروژه، سپاسگزارم.

صابر الایدی
سن آنتانیو، تگزاس ۱۹۹۹

^{۳۳}Aaron Heap^{۳۴}Phillip Lynch^{۳۵}John May^{۳۶}Bryant Mathews^{۳۷}Nick Neumann^{۳۸}Brooke Liddle^{۳۹}Joshua Buckner^{۴۰}Cristina Cashman^{۴۱}Rachel Shepherd^{۴۲}Wendy Hendricks^{۴۳}Ashley Moore^{۴۴}Ellen Phifer^{۴۵}Stephanie Moore^{۴۶}Ming Chiu^{۴۷}Scott Schaefer^{۴۸}Aletheia Barber