



پژوهشکده توسعه تکنولوژی

کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در

پیش‌بینی سری‌های زمانی

مرتضی رحمانی

با همکاری فهیمه صائبی و نرجس علی‌بخشی

رحمانی، مرتضی، ۱۳۳۷-

کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در پیش‌بینی سری‌های زمانی / مرتضی رحمانی، با همکاری فهیمه صابئی و نرجس علی بخشی؛ [به سفارش] پژوهشکده توسعه تکنولوژی [جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی شریف]. تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی شریف، ۱۳۹۰.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۴۵-۲۶-۰

ISBN: 978-964-6445-26-0

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا

کتابنامه.

رفتار آشوبناک در سیستم‌های پویا. آشوب کوانتومی. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی. صابئی، فهیمه، ۱۳۶۴- علی بخشی، نرجس، ۱۳۶۲- جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی شریف. پژوهشکده توسعه تکنولوژی. جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی شریف.

۰۰۳/۸۵۷

Q۱۷۲/۵ ۱۳۹۰ ۳/۷۲

۲۳۷۷۰۳۲

کتابخانه ملی

کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در پیش‌بینی سری‌های زمانی

پژوهشکده توسعه تکنولوژی

مؤلفان: مرتضی رحمانی، فهیمه صابئی، نرجس علی بخشی

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: ۱۳۹۰

شمارگان: ۳۰۰ نسخه

قیمت: ۷۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای پژوهشکده توسعه تکنولوژی محفوظ است

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۴۵-۲۶-۰ ISBN: 978-964-6445-26-0

نشانی: تهران، شمال دانشگاه صنعتی شریف، خیابان شهید قاسمی، پلاک ۷۱، پژوهشکده توسعه تکنولوژی

تلفن: ۶۶۰۲۴۶۲۳

هنری آدامس: "از آشنایی زندگی زاییده می‌شود در حالی که از نظم عادت بوجود می‌آید."

در دهه‌های اخیر و با توجه به گذشت زمان و پیشرفت علوم، در پی اصلاح نگاه جبرگرایانه و توجه به نظریات جدید علمی نظیر نظریه کوانتوم، نسبیت و ... نظریه آشوب پا به عرصه وجود نهاد. نظریه‌ای که هر چند در نگاه سطحی سازمان نیافتگی را تجسم می‌کند اما با نگاهی موشکافانه و ژرف می‌توان پویایی و زندگی را در آن یافت. نظریه‌ای که مباحث مختلفی همچون علوم رفتاری، مدیریتی، تجربی، اجتماعی و ریاضی را تحت تاثیر خود قرار داده و باعث تغییر نگاه و دید انسان شده است.

یکی از ویژگی‌های این نظریه جهان شمولی خودتشابهی میان اجزا و کل است که مبحث فراکتال‌ها را یادآوری می‌کند. گستردگی و جامعیت موضوع آشوب و فراکتال کارشناسان سازمان جهاد دانشگاهی را بر آن داشت تا با بکارگیری این نظریه در مباحث اقتصادی و با تعریف طرح پژوهشی "استفاد از نظریه آشوب و فراکتال در پیش بینی شاخص سهام تهران" گامی نو و موثر را در این عرصه بردارند. با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج بدست آمده طی انجام طرح مذکور، سازمان جهاد دانشگاهی صنعتی شریف تصمیم به تالیف کتاب حاضر با عنوان کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در پیش بینی سری‌های زمانی در حوزه پژوهش انجام شده گرفت تا بدینوسیله زمینه ترویج و ارتقا دانش کسب شده را فراهم سازد.

در این راستا لازم است از آقای دکتر مرتضی رحمانی و همکاران ایشان خانم‌ها فهیمه صائبی بیدگلی و نرجس علی بخشی به دلیل تلاش بی‌وقفه‌ای که در این زمینه و در جهت انجام این امر بعمل آوردند، تشکر و قدردانی شود.

امید است مجموعه مطالب کتاب حاضر بتواند نقش موثری را در کسب رضایت خوانندگان علاقمند به موضوع ایفا نماید.

معاونت پژوهشی

پژوهشکده توسعه تکنولوژی

پیشگفتار مولف

در گذشته کاربرد ریاضیات محدود به تبیین پدیده‌های با رفتارهای خطی می‌شد. در این ریاضیات تنها پدیده‌ها و سیستم‌های دارای رفتار خطی قابل فهم و درک ریاضی بودند. معادلات خطی، توابع خطی، جبر خطی، برنامه ریزی خطی و شتاب دهنده‌های خطی عرصه‌هایی بودند که مورد تاخت و تاز ریاضیدانان و عالمان این دور قرار داشتند، در حالی که جهان واقعی کاملاً غیر خطی است و تناسب و رفتارهای خطی در پدیده‌های روزمره بندرت قابل مشاهده است. با این توصیف مختصر چگونه می‌توان به کمک منطق ساده انگاری و خطی، یک سیستم غیر خطی را درک کرد؟ این همان سوالی است که باعث زایش ریاضیات جدیدی به نام نظریه آشوب و هندسه فراکتالی گردید.

تعریف قابل قبول از نظریه آشوب و هندسه فراکتالی را شاید بتوان در عبارت زیر جستجو نمود: "نظریه آشوب و هندسه فراکتالی مطالعه کیفی و کمی رفتار به‌ظاهر نامنظم و ناپایدار سیستم‌های دینامیکی غیر خطی قطعی- تصادفی است که ممکن است از روابط معین، مشخص و ساده‌ای ناشی شده باشند."

یک سیستم دینامیکی ریاضی می‌تواند یک مدل ساده شده با رفتاری وابسته به زمان از یک سیستم واقعی باشد، به همین ترتیب رفتار نامنظم، رفتاری است که بتوان آن‌را در قالب تکرارهای منظم از یک متغیر توصیف نمود. به عبارت دیگر رفتار نامنظم هرگز تکرار نمی‌شود و ادامه این رفتار می‌تواند نوعی واکنش به آشفتگی‌های کوچک باشد.

ساده‌ترین مثال قابل درک از یک پدیده آشوبی، رفتار وابسته به زمان تاربخ است. افت و خیزها و صعود و صفور تمدن‌ها نمونه‌هایی از آشوب و هندسه فراکتالی است. هیچ حادثه‌ای عیناً تکرار نمی‌شود، با این وجود به دلایل روشن از جمله وابستگی‌ها و آگاهی‌ها و تاثیر پذیری از گذشت، ممکن است شباهت‌هایی را مستقل از اندازه و ابعاد در طول تاریخ مشاهده کرد. از نکات غیر قابل باور در نظریه آشوب، وجود سیستم‌های ساده ریاضی است که می‌توانند رفتار کاملاً نامنظم و ناپایداری را بوجود آورند. این سیستم‌های ساده، رفتارها را آن‌چنان پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی نمایش می‌دهند که جز تصادفی بودن نمی‌توان نام دیگری بر آنها نهاد.

در کتاب حاضر سعی شده است با نگاهی اجمالی و ساده به نظریه آشوب و هندسه فراکتالی، ضمن اشاره به کاربردهایی از این نظریه، به‌طور خاص سری‌های زمانی آشوبی و فراکتالی مورد بحث و بررسی قرار گیرد. فصل اول شامل تعاریف و مفاهیم توپولوژیکی است. در فصل دوم اندازه هاسدورف و بعد فراکتالی و روش محاسبه آن به تفصیل آمده است. در فصل سوم مجموعه‌های جولیا و مندلیبروت و روش

ساخت چنین فراکتال‌هایی ارائه شده است. در فصل چهارم بعضی از کاربردها در حوزه‌های مالی و صنعتی، ساختارهای سازمانی با ماهیت فراکتالی، آنتن‌های فراکتالی، سیستم‌های رمزنگاری و هم‌چنین کاربرد بعد فراکتالی و توانایی آن در تشخیص آریتمی‌های قلبی ارائه شده است. در فصل پنجم ضرورت به‌کارگیری ابزار فراکتالی در امور مالی آمده است. سیستم‌های دینامیکی آشوبی و رفتار بازارهای اقتصادی و مالی از نگاه نظریه آشوب و فراکتال از مباحث فصل پنجم و ششم می‌باشد. روش‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی آشوبی و فراکتالی و روش‌های مرتبط با آن در فصل هفتم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل هشتم روش جدیدی، بر مبنای مفادیر منفرد ماتریس‌های شکل گرفته از یک سری زمانی، برای پیش‌بینی ارائه شده است. نتایج عددی حاصل از کاربرد این روش در مورد شاخص سهام تهران و پیش‌بینی آن بخش‌نهایی این فصل را تشکیل می‌دهد.

در خاتمه بر خود لازم می‌دانم که از حمایت‌های معاون محترم پژوهشی و مدیر گروه پژوهشی مهندسی صنایع پژوهشکده توسعه تکنولوژی در انجام این کار قدردانی کنم، چرا که بدون کمک و یاری این عزیزان تحقق این امر بسیار دشوار می‌نمود.

فهرست مطالب

۷	فهرست مطالب
۱۳	۱ یادآوری مفاهیم توپولوژیکی و آماری فراکتال
۱۳	۱.۱ مقدمه
۱۴	۲.۱ فضای متری
۱۸	۱.۲.۱ فضای فراکتالی
۱۸	۲.۲.۱ نگاشت‌های انقباضی
۲۶	۳.۱ قضیه حد مرکزی
۲۷	۴.۱ فرایند روند زدایی از سری‌های زمانی
۳۱	۲ اندازه‌هاسدورف و بعد فراکتالی
۳۱	۱.۲ مقدمه
۳۱	۲.۲ اندازه‌هاسدورف
۳۵	۳.۲ بعد هاسدورف
۳۷	۱.۳.۲ خواص بعد هاسدورف
۳۹	۴.۲ محاسبه بعد هاسدورف
۴۳	۵.۲ روش‌های جایگزین بعد
۴۴	۶.۲ بعد شمارش جعبه
۴۷	۱.۶.۲ خواص بعد شمارش جعبه

۴۸	۷.۲	روش محاسباتی بعدهاسدورف
۴۹	۸.۲	تبدیلات خود متشابه
۵۲	۱.۸.۲	بعد مجموعه‌های خود متشابه
۵۳	۳	مجموعه‌های جولیا و مندلیبروت
۵۳	۱.۳	مقدمه
۵۴	۲.۳	مجموعه جولیا و مجموعه فاتو
۵۸	۳.۳	توابع درجه دو - مجموعه مندلیبروت
۶۳	۴.۳	مجموعه‌های جولیا از توابع درجه دو
۶۴	۵.۳	روش نیوتون برای ریشه‌یابی معادله
۶۹	۴	کاربردهای فراکتال
۶۹	۱.۴	مقدمه
۶۹	۲.۴	کاربرد فراکتال در اقتصاد
۷۱	۳.۴	کاربرد فراکتال در تحلیل سری‌های زمانی
۷۴	۴.۴	کاربرد فراکتال در صنعت
۷۵	۵.۴	فشرده سازی فراکتالی تصویر
۷۷	۶.۴	ایجاد زنجیره‌های تأمین اطلاعات بنگاه‌های شبکه‌ای بر اساس نظریه فراکتال
۷۹	۷.۴	آنتن‌های فراکتالی
۸۱	۸.۴	رمزنگاری فراکتالی
۸۳	۱.۸.۴	مفهوم رمزنگاری آشوبی
۸۵	۹.۴	تحلیل سیگنال‌های ضربان قلب با روش‌های فراکتالی
۸۷	۱.۹.۴	کاربردهای پزشکی فراکتال
۸۷	۲.۹.۴	آشنایی با قلب و نحوه کار آن
۸۹	۳.۹.۴	معرفی سه نوع آریتمی
۹۱	۴.۹.۴	بررسی روش‌های محاسبه بعد فراکتالی
۹۲	۵.۹.۴	محاسبه و مقایسه بعد فراکتال در اشخاص مختلف

۹۷	۵ سیستم‌های دینامیکی آشوبی
۹۷	۱.۵ مقدمه
۱۰۰	۲.۵ آشوب
۱۰۳	۳.۵ پایداری موضعی و پایداری موضعی یک دور
۱۰۵	۴.۵ توابع کسری خطی بازگشتی
۱۰۷	۴.۵ رفتار مجانبی
۱۰۹	۴.۵ ضرایب گویا و حالت تناوبی
۱۰۹	۵.۵ رفتارهای شبه آشوبی
۱۱۲	۶.۵ توزیع‌های پایا
۱۱۷	۶ شاخص سهام و سری‌های زمانی آماری
۱۱۷	۱.۶ مقدمه
۱۲۰	۲.۶ نیاز اجتناب ناپذیر به ابزار فراکتالی در امور مالی
۱۲۳	۳.۶ خواص بی‌مانند ایجاز و سادگی
۱۲۴	۴.۶ مغایرت‌های مدل براونی، فراکتالی و چندفراکتالی
۱۲۶	۵.۶ فراکتال و سری زمانی مالی
۱۲۹	۶.۶ جهان شمولی
۱۳۳	۷.۶ قدم زدن تصادفی
۱۳۴	۱.۷.۶ بازارهای کارآ
۱۳۵	۲.۷.۶ عکس‌العمل قیمت به اطلاعات
۱۳۶	۸.۶ فعالیت میکروسکوپی بازار
۱۳۸	۹.۶ بازارهای سازگار
۱۳۹	۱۰.۶ قواعد تجربی
۱۴۰	۱۱.۶ تابع چگالی احتمال
۱۴۲	۱۲.۶ توزیع‌های پایدار، فراکتال یا لوی
۱۴۴	۱.۱۲.۶ مرتبه رفتار دنباله‌ها
۱۴۶	۲.۱۲.۶ ممان‌های متناهی یا نامتناهی

۱۴۷	همبستگی	۱۳.۶
۱۵۱	خواص مقیاس بندی فراگیر از قدم های مالی	۱۴.۶
۱۵۵	تحلیل R/S	۱۵.۶
۱۵۹	نمای هارست و طول متوسط دوره تناوب	۱۶.۶
۱۶۰	نتیجه	۱۷.۶
۱۶۳	۷ پیش بینی فراکتالی سری های زمانی	
۱۶۳	مقدمه	۱.۷
۱۶۴	بازسازی فضای پیشامد	۲.۷
۱۶۴	۱.۲.۷ بازسازی فضای پیشامد نگاشت هنون	
۱۶۶	۲.۲.۷ باز سازی فضای پیشامد نگاشت لجستیک	
۱۶۸	۳.۷ تخمین پارامترهای لازم برای بازسازی فضای پیشامد	
۱۶۹	۱.۳.۷ روش شمارش جعبه	
۱۷۰	۲.۳.۷ نزدیک ترین همسایگی غلط	
۱۷۲	۳.۳.۷ الگوریتم گراسبرگر- پروکاکسیا (GP)	
۱۷۴	۴.۳.۷ تجزیه ویژه مقدار (SVD) برای تخمین بعد محاطی	
۱۷۶	۵.۳.۷ ترکیب الگوریتم های GP و SVD	
۱۷۹	۴.۷ روش تخمین زمان تأخیر	
۱۸۰	۱.۴.۷ ساخت اطلاعات متقابل	
۱۸۲	۵.۷ پیش بینی سری زمانی	
۱۸۴	۱.۵.۷ روش های تقریب کلی	
۱۸۶	۲.۵.۷ روش های تقریب موضعی	
۱۹۱	۶.۷ روش پیش بینی سری زمانی	
۱۹۲	۷.۷ تخمین بهینه نزدیک ترین همسایگی	
۱۹۳	۸.۷ مثال ها	

۱۹۷	۸	پیش‌بینی سری زمانی شاخص سهام بر مبنای مقادیر منفرد
۱۹۷	۱.۸	مقدمه
۱۹۸	۲.۸	قضیه تاکن و پیش‌بینی سری زمانی
۲۰۱	۱.۲.۸	روش پیش‌بینی سری زمانی فراکتالی با بعد متغیر
۲۰۴	۲.۲.۸	تابع برازش پیشنهادی
۲۰۵	۳.۸	محاسبه بعد فراکتال
۲۰۶	۱.۳.۸	بعد ذاتی
۲۰۷	۴.۸	روش مقادیر منفرد
۲۰۹	۱.۴.۸	تحلیل حساسیت بزرگ‌ترین مقدار منفرد
۲۱۰	۵.۸	نمای هارست و بزرگ‌ترین مقدار منفرد
۲۱۲	۶.۸	انطباق منحنی بزرگ‌ترین مقدار منفرد با روند سری زمانی
۲۱۳	۷.۸	محاسبه کمیت پایا برای بازه‌های سری زمانی
۲۱۴	۸.۸	تست عددی الگوریتم
۲۱۸	۹.۸	بهبود روش تجزیه مقدار منفرد
۲۲۶	۱.۹.۸	نتایج عددی همراه با جداول و نمودارها
۲۳۵	۹	نتیجه‌گیری
۲۳۹		کتاب‌نامه