



مهندسی توپولوژی و هندسه فراکتال ها

نویسنده: "رالد ادگار"

مترجمان:

فاطمه مرادی

محسن محمدی

اعضای هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

سرشناسه	: ادگار، جرال د ا، ۱۹۴۹ - م.
عنوان و نام پدیدآور	: اندازه، توپولوژی و هندسه فراکتال‌ها/نویسنده جرال د ا. ادگار؛ مترجمان فاطمه مرادی سیدمحسن محمدی.
مشخصات نشر	: شهرری: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر ری، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۳۹۰ ص.
شابک	: 978-964-10-2838-3
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: ۲nd ed, c۲۰۰۸, measure, topology, and fractal geometry
موضوع	: برخال‌ها
موضوع	: اندازه گیری -- نظریه
موضوع	: توپولوژی
شناسه افزوده	: مرادی، فاطمه، ۱۳۵۰ -، مترجم
شناسه افزوده	: مدی، سیدمحسن، ۱۳۳۸ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر ری
رده بندی کنگره	: ۸۶۰ / ۶۱ / الف ۴ الف ۸ ۱۳۹۳
رده بندی دیویی	: ۵ / ۷۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۷۰۴

عنوان: اندازه، توپولوژی و هندسه فراکتال‌ها

مترجمان: دکتر فاطمه مرادی، دکتر سید محسن محمد

ویراستار ادبی: مریم حدادی

طراح جلد: نسیم سلیمی الیزئی

صفحه آرا: معصومه شهبازی فراهانی

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۸۳۸-۳

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳

چاپ: اول

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه آزاد اسلامی

حق چاپ محفوظ و متعلق به ناشر است



فاطمه مرادی دارنده مدرک دکترای ریاضی و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری می باشد. وی پنج کتاب با عناوین ریاضی پیش دانشگاهی (مختص رشته های فنی و مهندسی)، ریاضی پیش دانشگاهی (مختص علوم انسانی)، معادلات دیفرانسیل، ریاضی ۶ و ریاضیات کاربرد در شیمی تألیف نموده است.



بهنام محمدی دارنده مدرک فوق لیسانس ریاضی محض، گرایش آنالیز، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری می باشد. وی پنج کتاب با عناوین ریاضی پیش دانشگاهی (مختص رشته های فنی و مهندسی)، ریاضی پیش دانشگاهی (مختص علوم انسانی) و معادلات دیفرانسیل تألیف نموده است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	مقدمه مولف
۳	پیش شرط‌ها
۵	پیش‌بین کتاب
۹	پیش‌نثار مترجمان
۱۱	درمت‌ها و نمادها
۱۵	فصل ۱
۱۵	مثالهایی از فضاهای
۱۶	مجموعه سه تایی
۱۶	ساختن مجموعه کدور با استفاده از حذف متوالی فواصل میانی
۲۴	مثلت سرپینسکی
۲۵	ساخت این مجموعه به روش حذف مثلث‌های میانی
۳۰	فضای رشته‌ها
۳۵	گرافیک لاک پستی
۴۰	مجموعه‌هایی که به صورت بازگشتی تعریف شده‌اند
۴۰	منحنی کخ
۴۳	دراگون‌هایوی
۴۷	دراگون سرپینسکی
۴۸	پنج ضلعی مک ورتز
۵۰	فراکتال مستطیل طلایی
۵۳	سیستم اعداد
۵۹	نکته‌ها و یادداشتهای
۶۴	راهنمای تمرین
۶۵	فصل ۲
۶۵	توپولوژی متریک
۶۵	فضاهای متریک
۷۵	توابع روی فضاهای متریک

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
دنباله‌ها در فضای متریک.....	۷۸
فضاهای جدائی پذیر و فشرده.....	۸۸
فشردگی.....	۹۰
پیوستگی یکنواخت.....	۹۷
همگرایی یکنواخت.....	۱۰۰
خمهای پیوسته.....	۱۰۳
همگرایی مجزوعه.....	۱۰۹
متریک رشته‌ها.....	۱۱۴
فضای مسیر گرافها.....	۱۲۰
نکته‌ها و یاد داشته‌ها.....	۱۲۴
راهنمای تمارین.....	۱۲۶
فصل ۳.....	۱۲۹
بعد توپولوژیک.....	۱۲۹
بعد استقرایی کوچک.....	۱۲۹
بعد استقرایی بزرگ.....	۱۳۹
بعد استقرایی بزرگ.....	۱۴۱
فضای اقلیدسی دو بعدی.....	۱۴۹
بعد توپولوژیک صفحه.....	۱۵۳
سایر ابعاد توپولوژیک.....	۱۵۵
جواب دستگاه معادلات.....	۱۶۰
نکته‌ها و یاد داشته‌ها.....	۱۶۹
راهنمایی تمارین.....	۱۷۰
فصل ۴.....	۱۷۱
خود- تشابهی.....	۱۷۱
فهرست نسبت‌ها.....	۱۷۱
اسفنج منجر.....	۱۷۸

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۷۹	مدلهای رشته ای
۱۸۲	قضیه مدل رشته ای (۴.۲.۳).....
۱۸۴	نمود-تشابهی نموداری
۱۹۰	رشته های بسیر
۱۹۱	اندازه گذاری مجدد
۱۹۲	بعد گراف معادلات - بلیامز
۱۹۷	نکته ها و یادداشت ها
۱۹۸	راهنمایی تمرین
۱۹۹	فصل ۵
۱۹۹	نظریه اندازه
۱۹۹	اندازه لیگ
۲۱۱	اندازه پذیری کاراتئودوری
۲۱۳	سیستم اعداد
۲۱۴	روش اول (متد I)
۲۱۵	اندازه ها و اندازه های بیرونی
۲۱۹	مجموعه های اندازه پذیر
۲۲۱	اندازه متریک بیرونی
۲۲۵	اندازه لیگ دو بعدی
۲۲۸	روش دوم (متد II)
۲۲۹	قضیه روش دوم (متد II)
۲۳۰	اندازه بیرونی روی رشته ها
۲۳۲	اندازه روی فضای رشته ها
۲۳۴	نکته ها و یادداشت ها
۲۳۵	راهنمایی تمرین
۲۳۷	فصل ۶
۲۳۷	بعد هاسدورف

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
اندازه هاسدورف	۲۳۷
بعد هاسدورف	۲۴۰
اندازه لیگ بر حسب اندازه هاسدورف	۲۴۵
بعد هاسدورف بر اساس بعد توپولوژیک	۲۴۹
خود مشابه	۲۵۱
غبار کانتر	۲۵۱
مثلت سرپیشگی	۲۵۲
فهرست نسبت های نرمی	۲۵۶
دراگون هایوی	۲۵۸
خود-تشابهی نموداری	۲۶۷
غبار دو بخشی	۲۶۷
اعداد پرون	۲۷۲
بعد توپولوژیک	۲۸۵
سایر ابعاد فراکتالی	۲۸۶
فراکتالهای مرزی	۲۸۷
نکته ها و یادداشتهای	۲۹۸
مقایسه توپولوژی با بعد هاسدورف	۲۹۹
مقایسه اندازه بیرونی لیگ دو بعدی با اندازه هاسدورف دو بعدی	۳۰۱
راهنمای تمارین	۳۰۸
فصل ۷	۳۱۱
اطلاعات بیشتر	۳۱۱
دراگون های ۳- بعدی	۳۱۱
گرافیک های لاک پشتی	۳۱۱
هم پوشانی	۳۱۵
تاج گل بارنسلی	۳۱۷
مجموعه های خود- آفین	۳۱۸

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۱۹.....	منحنی کیس وتر.....
۳۲۱.....	تابع بسیکوویچ - اورسل.....
۳۲۴.....	خم هیروناکا.....
۳۲۴.....	ستم بداد.....
۳۲۵.....	سایه شالها.....
۳۲۶.....	دکتر آپولونیان.....
۳۲۷.....	یک فراکتال نابسته.....
۳۳۵.....	منحنی های کین.....
۳۳۷.....	نکته ها و یادداشت.....
۳۳۹.....	راهنمای تمرین.....
۳۴۳.....	سخنی با خوانندگان.....
۳۴۷.....	مراجع و منابع.....
۳۵۱.....	فرهنگ لغات انگلیسی به فارسی.....
۳۶۹.....	واژه نامه.....

مقدمه مولف

فراکتال چیست؟ عبارت فراکتال را بنویسند مندلبروت^۱ برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ ابداع نمود. طعناً برای این عبارت تعریف ریاضی وجود دارد (یا باید وجود داشته باشد) تا ایده هندسی آن را تشریح کند. همچنین، کاربردی تصویری از این مفهوم، به منظور توصیف پدیده‌هایی که به این ایده ریاضی نزدیکند، وجود دارد. ساده-تر بگوییم، مجموعه‌های فراکتالی "نامنظم‌تر" از مجموعه‌های منظمه شده هندسه کلاسیک می‌باشند؛ هر قدر آن را بزرگ کنید، باز هم با بی‌نظمی‌های کوچک‌تر مواجه خواهید شد. مندلبروت اذعان دارد که چنین هندسه‌ای بیشتر مناسب فیزیک است تا نظام‌های قانونمند یا خم‌ها و رویه‌های هموار. وی در صفحه اول کتاب "هسته فراکتالی طبیعت" می‌نویسد: ایرها کره نیستند، کوهها مخروط نیستند، ساحل دریای مدیترانه مستقیم و برق نیز در خط مستقیم حرکت نمی‌کند". [44ص ۱]

مندلبروت برای تعریف فراکتال می‌نویسد: یک فراکتال، بنابه تعریف، مجموعه‌ای است که بعد هاسدورف – بسیکویچ^۲ آن، اکیداً بزرگتر از بعد توپولوژیکش باشد". [36ص ۱۵] می‌توان گفت که این کتاب، اثباتی بر مدعای این مطالعه، مطالعه بعد هاسدورف (در فصل ۵) مستلزم نظریه اندازه است؛ و مطالعه بعد توپولوژیک (فصل ۶) مستلزم توپولوژی متریک است. توجه داشته باشید که مندلبروت بعدها در استفاده از این تعریف کمی احتیاط می‌نمود: "از نظر علمی، کلیت این تعریف قدری افراطی است؛ نه تنها مشکل است بلکه واقعاً نامناسب است... این تعریف سبب شده تا فراکتالهای مرزی بسیاری حذف شوند. هر چند، کمابیش درجهه مقابل هندسه [سنتی] اقلیدسی است. اما در مقابل هندسه آشوب ایستادگی نکرد".

¹ - Benoit B .Mandelbrot

² - Hausdorff –Besicovitch dimension

[46ص ۱۵۹] در فصل ۶ روشی برای ترمیم این تعریف ارائه خواهد شد که توسط جیمز تیلور^۱ پیشنهاد شده است. خود مندلیبروت در چاپ دوم اثرش [36 ص 459] پیشنهاد کرده است که "برای فراکتال، تعاریف فاضل مابانه و حاشیه ای را به کار نبرید، درمبحث" بعد اکتالی" از تعاریف و عبارات کلی و اصیل، برای تمام گونه های آن در فصل ۳۹ استفاده کنید و در هر حالت خاص، از مناسب ترین تعریف استفاده کنید". من در این کتاب پیشنهاد اول او را به کار نبردم چون تعریف حاشیه ای و عوام پسند، قابل بررسی ریاضی نیست اما عبارت "فراکتال"، را با همان صورت پیشنهادی او به کار برده ام.

لازم به ذکر است که دیدگاه این کتاب، ریاضی است. کتابی درباره چگونگی پیدایش فراکتال ها در طبیعت نیست؛ اما موضوع کتاب مندلیبروت چنین بوده است. کتاب حاضر به شما نمی گوید چگونه فرکتال ها را در کامپیوتر خود رسم کنید. (اگر چه من برای رسم تصاویر این کتاب با استفاده از رایانه مکینتاش^۲ لحظات بسیار لذت بخشی را سپری کردم. برای ترسیم فراکتال ها، در محیط قلمت ها، از برنامه لوگو^۳ استفاده کرده ایم). در متن کتاب، اثبات کامل نتایج اصلی را جای که لازم بوده، ارائه شده است. برای برخی نتیجه های دشوار، تنها ساده ترین حالت غیر بیهوده را ثابت کرده ایم (مانند حالت دو بعدی)، و علاقمندان مطالعه اثبات کامل را به مراجع پیشرفت ارجاع داده ایم.

مثالهای اصلی مورد استفاده در این کتاب، فضاها و اقلیدسی هستند (در واقع، اکثر اقلیدسی دو بعدی بررسی خواهد شد)؛ اما همانطور که خواهیم دید، استفاده از فضاها محض، مانند فضای متریک مناسب تر است.

این کتاب به هندسه فراکتال می پردازد؛ اما هندسه دینامیک آن را پوشش نمی دهد. هندسه دینامیک آشوب، گر چه به موضوع فراکتال ها ارتباط دارد، یک از آن جداست. می توان صدها جلد کتاب درباره آن نوشت (به عنوان مثال [14]).

¹ - James Taylor

² - Macintosh

³ - Logo

در این کتاب مجموعه مندلبروت بررسی نمی شود. گرچه برخی نوشته ها سبب شده اند که اشتباهاً فراکتال مترادف مجموعه مندلبروت پنداشته شود؛ اما، حقیقت این است که مفهوم فراکتال بسیار فراتر است. همچنین در اینجا، به فراکتالهای آماری (یا تصادفی) نمی پردازیم. مطالعه مشروح آنها مستلزم معلوماتی در زمینه نظریه احتمال است که فراتر از معلومات مورد نیاز این کتاب می باشد.

پیش شرط ها:

(۱) تجربه نشان می دهد که در روند مطالعه کتب ریاضی، خواندن و ترجیحاً نوشتن اثبات های ریاضی بسیار مهم است؛ لذا اثبات ها را در اینجا آورده ایم. از "شرط لازم و کافی" یا "اثبات به استثنای" بدون هیچ مفصل استفاده خواهیم کرد. خوانندگانی که در این موارد مطالعه کافی ندارند می توانند کتاب را به صورت اجمالی مطالعه کنند و از خواندن اثبات ها صرف نظر کنند. (البته، دانشجوی ریاضی مایل نیست کتابی را بدین صورت مطالعه کند!)

(۲) داشتن اطلاعات اولیه در زمینه نظریه مجموعه ها لازم خواهد بود. برای مثال، مفهوم ریاضی تابع؛ تفاوت مجموعه های منتهای و نامتناهی؛ تفاوت مجموعه های شمارا و ناشمارا و...

(۳) پیش شرط اصلی مطالعه این کتاب، داشتن معلومات در زمینه ریاضی عمومی^۱ است. برای مثال، تابع پیوسته چیست و به چه کار می آید؟ مجموعه های نامتناهی، حد دنباله، اصل کوچکترین کران بالا در اعداد حقیقی و... اثبات قضایای مهم در این زمینه را در بسیاری از کتب ریاضی عمومی جدید می-توان یافت، اما متأسفانه، به نایاب توسط اساتید تدریس نمی شود (به علت عدم تمایل دانشجویان یا کمی وقت).

توصیه به خوانندگان. در اینجا، توصیه هایی نیز برای کسانی داریم که قصد دارند این کتاب را بدون هدایت مربی یا استاد مطالعه کنند: سخت ترین (و خسته کننده ترین)

^۱ - Calculus

بخشهای کتاب، احتمالاً فصلهای ۲ و ۵ هستند. اما، این فصلها مستقیماً در بسیاری از قسمت های مهم این کتاب، یعنی فصل های ۳ و ۶، نقش اساسی دارند.

بیشتر مطالب فصل ۲ مستقل از مطالب فصل ۱ نوشته شده تا مطالعه فصل ۲ برای خواننده ساده تر باشد، شاید مطالعه همزمان فصول ۱ و ۲ مفید باشد. به طور مشابه، فصل ۳ و ۵ در بیشتر قسمت ها مستقل از یکدیگرند، لذا، این فصل ها رانیز می توان همزمان با هم مطالعه نمود.

تمرینات بسیاری در این کتاب وجود دارد که برخی از آنها مثال یا مطالب تکمیلی هستند؛ اما بسیاری از آنها مربوط به موضوع اصلی متن کتاب هستند. هر چند مطمئن هستم که خوانندگان این کتاب مطلع هستند، اما باید تکرار کنم که حل تمرینات درک خواننده را از این کتاب بسیار بیشتر می کند (حتی اگر جواب آن را نیابد).

هرچند جواب برخی تمرینات در جاهای دیگر کتاب داده شده، اما برای آن که خواننده تشویق شود که شخصاً مسئله را حل کند، اشاره ای به آنها نکرده ام. برخی تمرینات، گرچه فقط یک گزاره اند، اما در هر دو مورد باید ثابت شوند (پروفسور راس^۱ عقیده دارد که حتی اگر این گزاره به نظر شما نادرست باشد، باید ثابت کنید که نادرست است).

برخی تمرینات ساده و برخی دشوار هستند. تمریناتی هم در این کتاب هست که خود من نیز راه حل آنها را نمی دانم (نه! امکان ندارد، اما بگویم حل کدام تمرینات را نمی دانم).

تصاویری مربوط به فراکتال ها در متن کتاب آمده نه در متن، اشاره ای به آنها نشده است. استادی که آنها را بشناسد، می تواند در مواقع مناسب از آنها برای تمرین های کلاسی استفاده کند.

برخی قسمت های کتاب که دشوارتر از بقیه هستند، یا به موضوعات عمیق تری پرداخته اند با علامت ستاره* مشخص شده اند. مطالعه این قسمت ها اختیاری است. بخشی به نام "نکته ها و یادداشتها"^۲ در پایان هر فصل آمده است.

^۱ - Arnold Ross

^۲ - Remarks

این فصل شامل مطالب متفاوت بسیاری مانند: مرجع برای مباحث فصل و اثبات های پیچیده حذف شده از متن اصلی، پیشنهاداتی برای مدرسان و راهنمایی برخی از تمرین می باشد.

پیدایش این کتاب

در سال ۱۹۸۰ کلاسی را درباره هندسه فراکتال در دانشگاه ایالت اوهایو برگزار کردم. این کلاس برای دانشجویان فوق لیسانس برنامه ریزی شده بود و بر مبنای کتاب هرویتس و والمن^۱ [۲۰] و فاکونر^۲ [۱] بود. من سعی کردم پیش نیازهای آن را در حد امکان محدود نگاه دارم. به طور کلی، حتی دانشجویان فوق لیسانس فیزیک هم بتوانند این درس را بگذرانند. پیش نیازهای این کتاب بدین از: توپولوژی متریک و اندازه لبگ.

هنگامی که برگزاری این کلاس اعلام شد، من با خیل درخواستهای دانشجویان رشته های دیگر مواجه شدم که می خواستند این درس را بگذرانند، اما معلومات کافی از ریاضی نداشتند. برای مثال، دانشجویان علوم کامپیوتر به معلومات قوی در زمینه ریاضیات عمومی و حسابان داشتند برای مطالعه این کتاب. در این مطالعه بیشتر در زمینه های دیگر ریاضی نیاز داشتند ("حسابان پیشرفته" و "آنالیز ریاضی قدماتی"). این کتاب برای این نوع دانشجویان مناسب نبود. تنها بخش کوچکی از مطالب این درس، برای مطالعه هندسه فراکتال، حداقل در سطح ابتدایی، واقعاً لازم بود. معلومات مورد نیاز در زمینه های توپولوژی متریک و نظریه اندازه در فصل های ۲ و ۵ آمده است. (دانشجویان ریاضی می توانند از این فصول عبور کرده به فصل بعدی بروند).

این کتاب، مستقیماً با استفاده یادداشت های آماده شده برای کلاس ارائه شد. در سال ۱۹۸۸ برای مدرسه تیزهوشان دانشگاه ایالتی اوهایو، توسط پروفسور رونالد فاکونر که هشت هفته به طول انجامید، نوشته شده است.

^۱ - Hurewicz & Wallman

^۲ - Falconer

تأثیر این دانشجویان جوان را می توان در بسیاری از بخش های کتاب مشاهده کرد (مخصوصاً در بخشهای ۱.۵.۷ و ۱.۶.۱). تجربیات گذشته به دست آمده از برنامه راس نشان داد که استفاده از فضاهای فرامتریک^۱ می تواند مفید باشد.

بخش هایی از نسخه پیش نویس این کتاب توسط ماناو داس، دون لگت، ویلیامز مک گر، لورین رلیک، و کارل اشمیت^۲ مطالعه شده است. نظرات آنها کمک زیادی به اصلاح متن نمود. مایلم از کارکنان چاپخانه اشپرینگر - ورلگ^۳ مخصوصاً ویراستار بخش ریاضیات آن، رودیگر گینیکلر^۴، معاون ویراستار بخش ریاضی، سوزان گوردون^۵، ویراستار بخش ریاضی، اولریکه شمیکلر-هیرزبروخ^۶ (ویراستار سری کتابهای ریاضی "متون ریاضی برای زیر فوق لیسانس")، ویراستار تولید، سوزان گینیگر و کنت دریهاوپت^۷ نهایت تشکر را دارم.

این کتاب توسط نویسندگانی سیستم اپل مکینتاش پلاس^۸ منتشر شد که توسط دانشکده ریاضی دانشگاه ایالتی اوهایو فراهم شده بود. متن آن با استفاده از سیستم TEX (توسط دونالد نات^۹) و بسته ماکرو AMS-T_X تایپ شده است. فونت های AMS بسیار به کار آمدند، به علاوه از فونت های متن آمیزی هم استفاده بسیار شد. سیستم TEX به صورت برنامه ای عمومی ctex توسط راس و اراکیکی^{۱۰} و سیستم dvi2ps به وسیله مارک

¹ - Ultrametric spaces

² - Manav Das, Don Lige, William McWorter, Lorraine Rellick, & Karl Schmidt

³ - Springer-Verlag

⁴ - Rüdiger Gernig

⁵ - Susan Gordon

⁶ - Ulrike Schinickler-Hirzebruch

⁷ - Susan Giniger, & Kenneth Dreyhaup

⁸ - Apple Macintosh Plus

⁹ - Donald Knuth

¹⁰ - Tomas Rokicki

سن^۱ و دیگران، اعمال گردید. هر دو سیستم تحت M PW Shell سازگار شده و به اجرا درآمدند. تصاویر فراکتالها به وسیله نرم افزارهای کورال ابجکت لوگو^۲، LCSi لوگو، مکدراو II^۳، اسکرپ بوک^۴ در رایانه مکینتاش تهیه شد. سپس با اپل لیسررایتر^۵ از آنها تصویربرداری شد؛ رنگ آمیزی این تصاویر با مکدراو II انجام پذیرفت.

جرالد ا. ادگار

کلمبوز،

اوهایو

۶ مارس ۱۹۹۰ (چاپ اول).

۲۸ مارس ۱۹۹۲ (چاپ دوم)

^۱ - Mark Senn

^۲ - Coral Object Logo

^۳ - MacDraw II

^۴ - Scrapbook

^۵ - Apple LaserWriter

پیشگفتار مترجمان

موضوع فراکتالها از مبحث‌های بسیار جذاب و زیبای ریاضی و دارای کاربردهای زیادی در زمینه‌های مختلف علوم است.

در زمینه فراکتالها کتاب‌های بسیاری منتشر شده و در سطح‌های گوناگون به آن پرداخته‌اند. کتاب حاضر که برای مطالعه آن اطلاعات ریاضی در سطح کارشناسی و بالاتر مورد نیاز است، دربرگیرنده مباحث‌های ریاضی عمیق و تکنیکی در باره فراکتالها است که برای خواننده بسیار جذاب و ارزشمند است. لذا به افراد علاقمند به مطالعه عمقی و تکنیکی فراکتالها، در ابتدای امر، مطالعه این کتاب توصیه می‌شود. بدون اغراق می‌توان گفت که کتاب حاضر در معرفی فراکتالها و بنای ریاضی آن، طوری حق مطلب را ادا نموده که نظیر آن در کتاب‌های دیگر کمتر مشاهده شد.

در واقع ایده فراکتالها، امری انتزاعی از مبحث فیزیکی آشوب^۱ است. سیستم‌های دینامیکی غیر خطی در شرایط خاص، رفتار آشوبی بروز می‌دهند که ظاهراً شبیه رفتار تضادفی است. در حقیقت این رفتار کاملاً جبری است و به دلیل پیچیدگی خاصی که دارد، غیر عادی به نظر رسیده و به سختی قابل پیش‌بینی است. اگر در فضای فاز یک سیستم دینامیکی غیر خطی، مرزهای حوزه‌های مربوط به رفتارهای مختلف - جاذب- و واگرایی (فراکتالی باشد، آن سیستم در این مرزها رفتار آشوبی خواهد داشت. لازم به ذکر می‌باشد که مؤلف در این کتاب به موضوع "آشوب" نپرداخته و صرفاً از دیدگاه یک ریاضی‌دان به فراکتال‌ها نگریسته است. شاید، در غیر این صورت، علاوه بر این که حجم کتاب افزایش می‌یافت، مطالعه آن نیز برای دانشجویان ریاضی مشکل‌تر می‌شد؛ که، باید قبلاً زمینه‌های فیزیکی لازم را کسب نموده باشند.

^۱ Chaos

برای کلیه گرایشهای ریاضی اعم از کاربردی و محض، مطالعه کتاب را خالی از لطف نمی دانیم. زیرا، تنوعی که در ارائه مطالب آن وجود دارد، می تواند رضایت اکثر خوانندگان را جلب نماید. وجود مباحثی از توپولوژی، نظریه اندازه، نظریه گراف، برنامه های گرافیکی و **غای رشته ها^۱** در متن کتاب، دلیلی بر این مدعاست. به هر حال، خواننده با مطالعه آن رضایت مندی و دست پر باز خواهد گشت.

در حین ترجمه متن، با مؤلف کتاب از طریق ایمیل ارتباط برقرار نموده و توانستیم وی را از تعدادی اشکال چاپی مطلع سازیم. آقای ادگار نیز در پاسخ، لیستی از اغلاط چاپی را جهت اصلاح ارسال نمودند که در اصلاح ترجمه، مورد استفاده قرار گرفت.

مدعی نیستیم که کتاب حاضر خالی از اشکال است؛ لذا از خوانندگان محترم پوزش خواسته و چنانچه در متن مشاهده به چنین مواردی برخورد نمودند، بر ما منت نهاده و مترجمین را از آن مطلع نمایند. لامتی و سربلندی همه پژوهشگران این مرز و بوم را از خداوند منان خواستاریم.

در خاتمه لازم می دانیم از محبت پژوهش واحد شهری و گروه ریاضی واحد، که در امر ترجمه این کتاب مشوق ما بوده اند، تشکر نموده و همچنین از خانم مریم حدادی که زحمت ویراستاری را متحمل شده اند، نهایت سپاس داری را داریم.

مترجمان

^۱ Space of Strings