

دینامیک غیر خطی و آشوب

و کاربردهای آن در مهندسی پزشکی



پیش کتار

معرفی درس

دینامیک غیر خطی و آشوب



فهرست مطالب

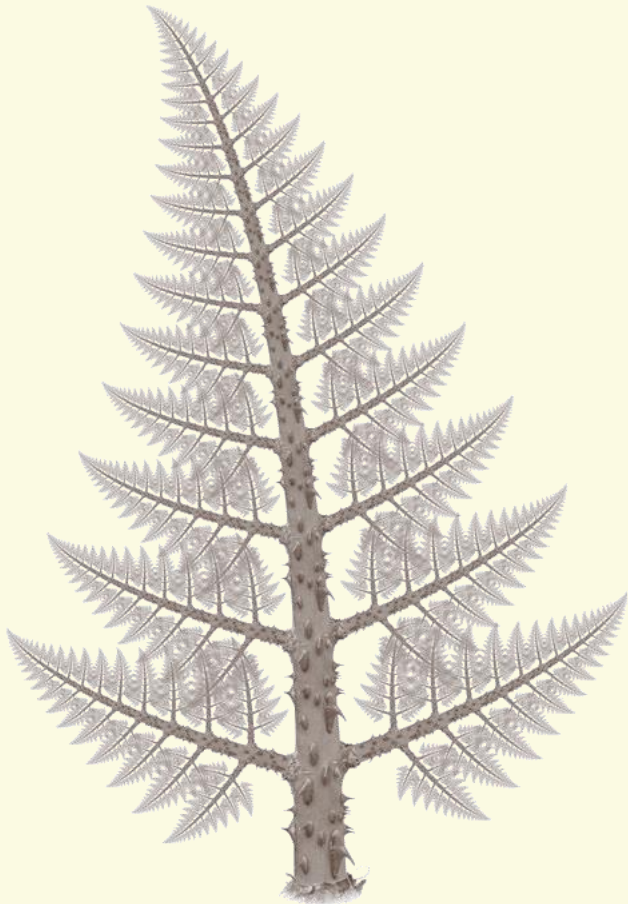
❑ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب ←

❑ معرفی و آشنایی

❑ مباحث درس

❑ مراجع و منابع قابل استفاده

❑ نحوه‌ی ارزیابی



آشوب در لغت‌نامه‌ی دهخدا

❖ اختلاف، فتنه، فساد، تباهی

ز کفر زلف تو، هر حلقه‌ای و آشوبی

ز سحر چشم تو، هر گوشه‌ای و بیماری

(حافظ)

❖ هیاهو

مرد بیگانه را دید با زن او به هم نشسته، دشنام کرد و فتنه و آشوب برخاست.

(گلستان)

❖ هرج و مرج

سپاهی نباید که با پیشه‌ور

چو این کار آن جوید آن کار این

به یک روی جویند هر دو هنر

پر آشوب گردد سراسر زمین

(فردوسی)

❖ ازدحام

ببازیچه مشغول مردم شدم

وز آشوب خلق از پدر گم شدم

(سعدی)

❖ انقلاب و شورش

همه شب بدی خوردن آیین او

دل آزرده زو گشت لشکر همه

دل مهتران پر شد از کین او

پر آشوب و پردرد کشور همه

(فردوسی)

آشوب در فرهنگ عمید

- ❖ بی‌نظمی
- ❖ شلوغی، ازدحام
- ❖ شور و غوغا
- ❖ انقلاب، شورش
- ❖ برهم خوردن اوضاع و شرایط

توصیفی ساده از آشوب در این درس:

❖ نظم در بی‌نظمی

اثر پروانه‌ای (butterfly effect)

Lorenz System:

$$x' = \sigma y - \sigma x$$

$$y' = rx - y - xz$$

$$z' = -bz + xy$$

$$\sigma = 10$$

$$b = 8/3$$

$$r = 28$$

Initial Conditions:

$$x = y = z = 0.2$$

$$x = y = 0.2, \quad z = 0.20001$$

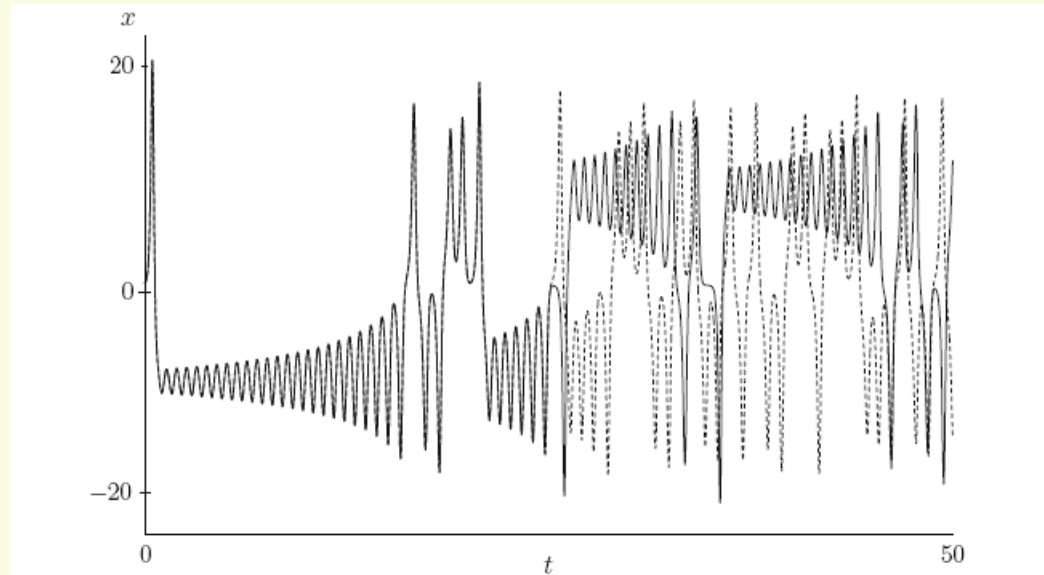
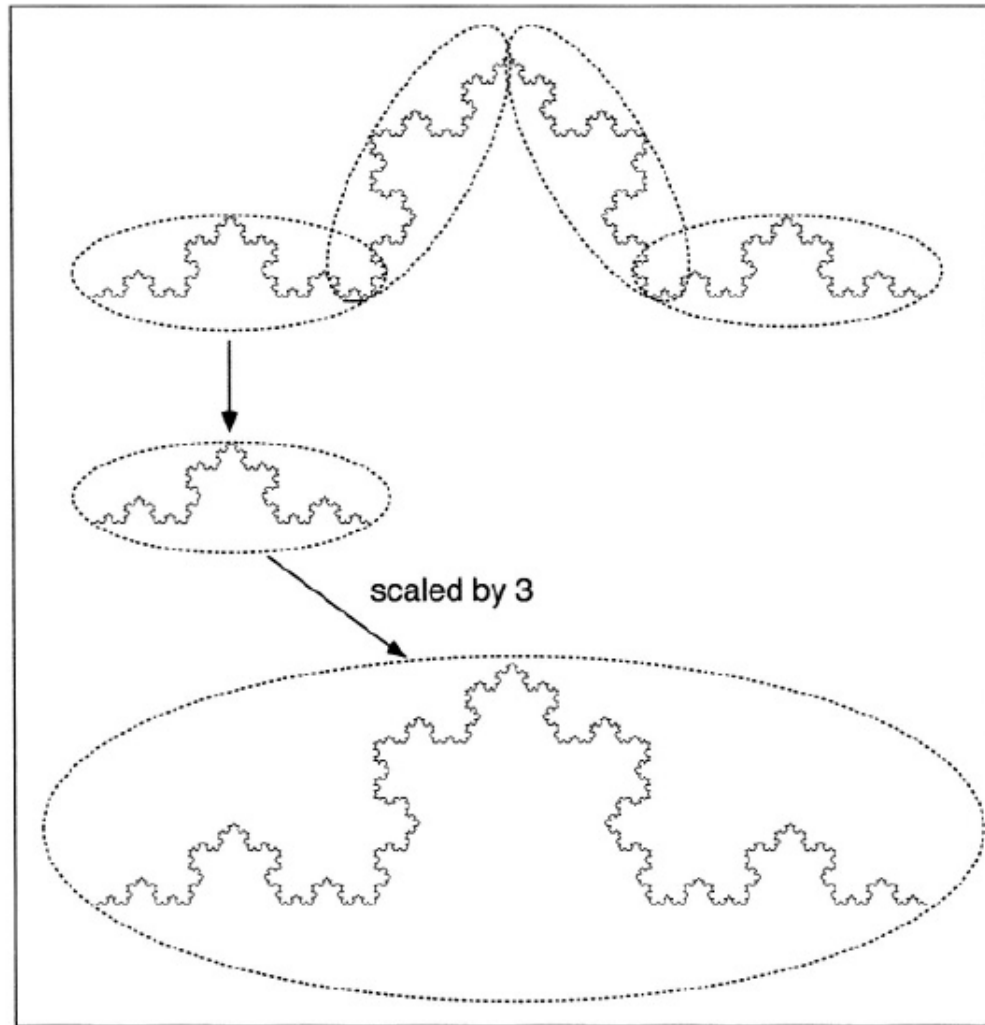


Fig. 1.24 The x -coordinate of two evolutions of the Lorenz system (1.28) with nearby initial states, as a function of time: an illustration of sensitive dependence on initial state.

لورنز با مثال‌هایی نشان داد که :

بال زدن پروانه‌ای در جنگل‌های آمازون، می‌تواند بعد از یک ماه آنقدر تاثیرگذار شود که موجب بروز توفانی در تگزاس گردد.

خود همانندی (self-similarity)



Blowup of Koch Curve

One-quarter of the Koch curve (top) is magnified by a factor of 3. Due to the self-similarity of the Koch curve the result is a copy of the whole curve.

Figure 3.10

خود همانندی (self-similarity)

Prisoner Set for $c = -0.5 + 0.5i$

The prisoner set for $z \rightarrow z^2 + c$, $c = -0.5 + 0.5i$ is shown in black. Points outside escape to infinity. The framed region is enlarged in figure 13.16.

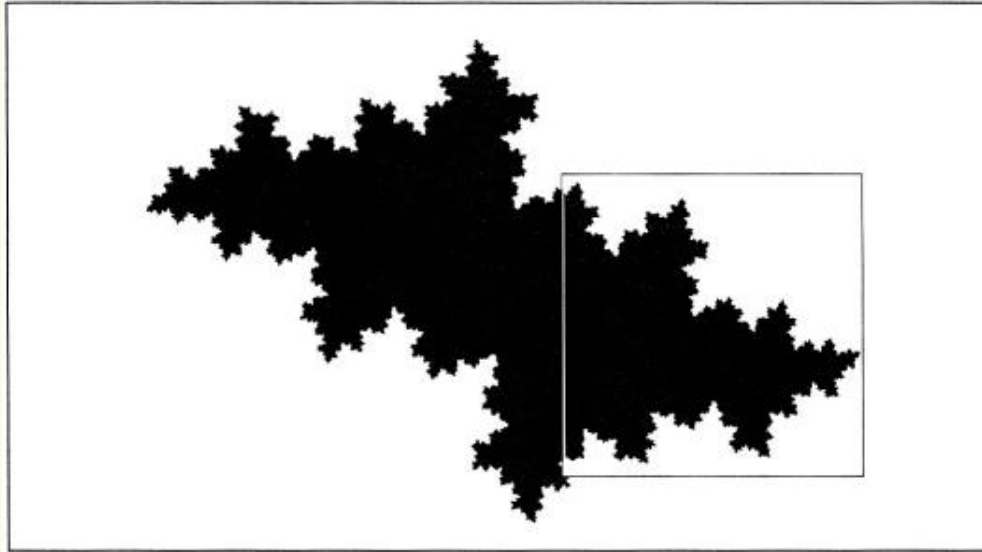


Figure 13.15

Blowups of Prisoner Set for $c = -0.5 + 0.5i$

The prisoner set for $z \rightarrow z^2 + c$, $c = -0.5 + 0.5i$ from figure 13.15 is successively enlarged near a boundary point. Each picture (from left to right) is a computation of the small framed region in the previous one.

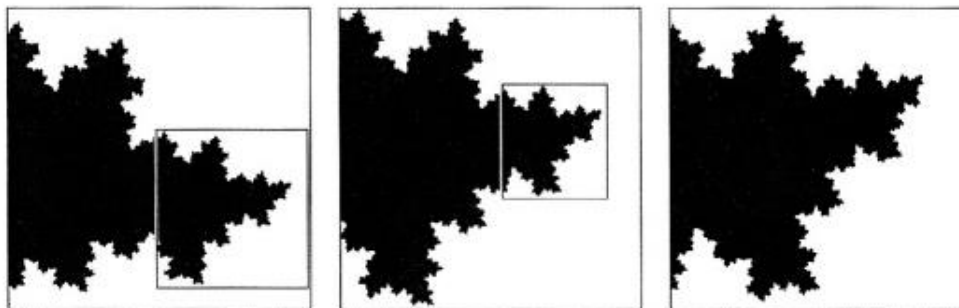
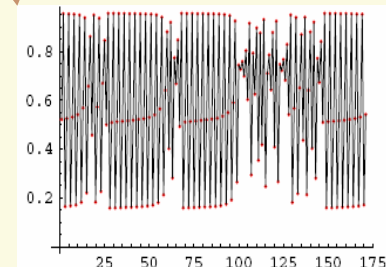
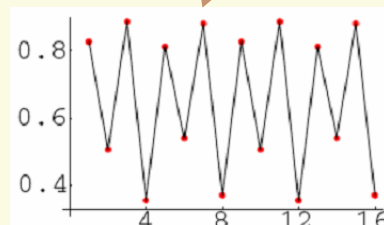
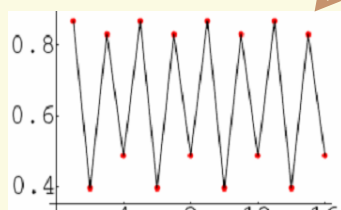
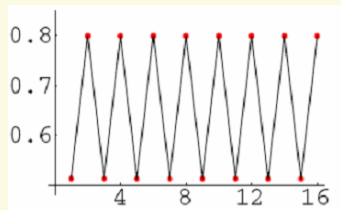
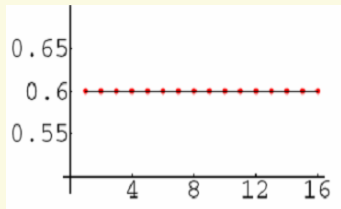
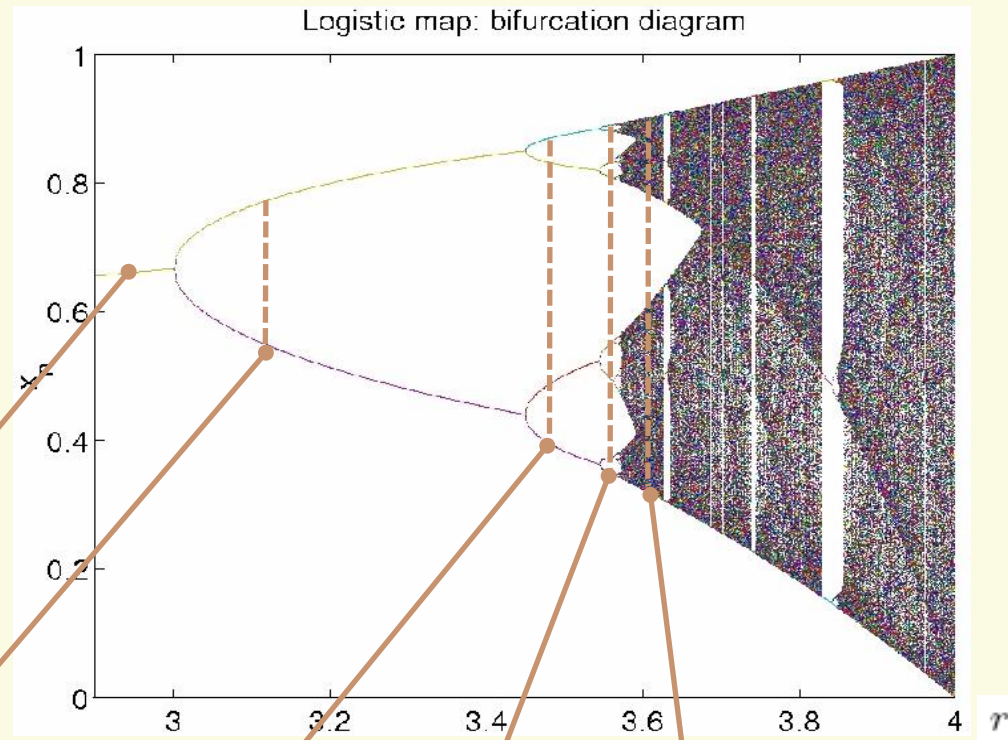


Figure 13.16

دوشاخگی و آشوب در Logistic Map

$$f(x_n, r) = rx_n(1 - x_n)$$

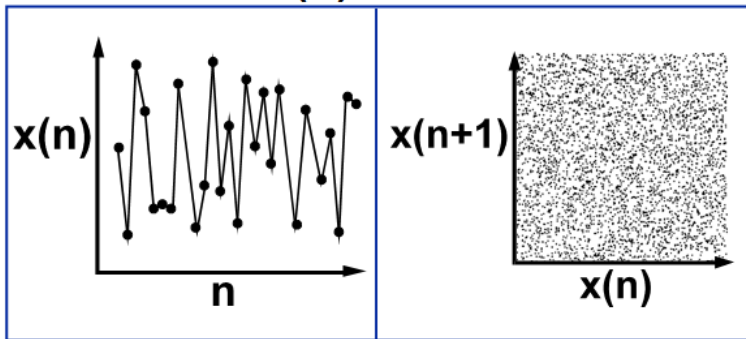


مقایسه‌ی رفتار آشوبناک با رفتار تصادفی

Data 1

RANDOM
random

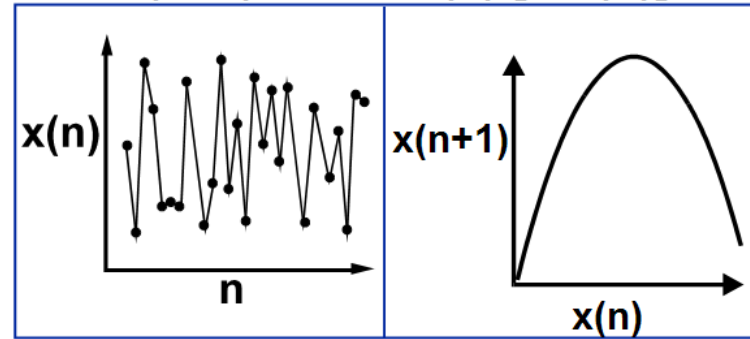
$$x(n) = \text{RND}$$



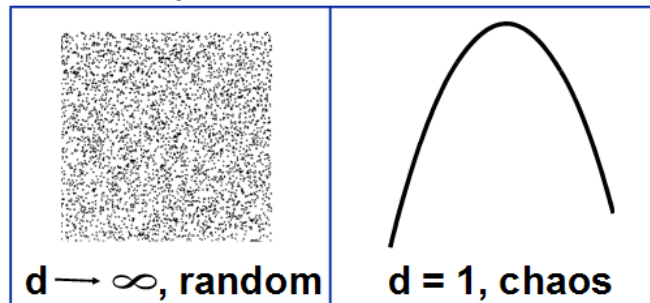
Data 2

CHAOS
deterministic

$$x(n+1) = 3.95 x(n) [1 - x(n)]$$



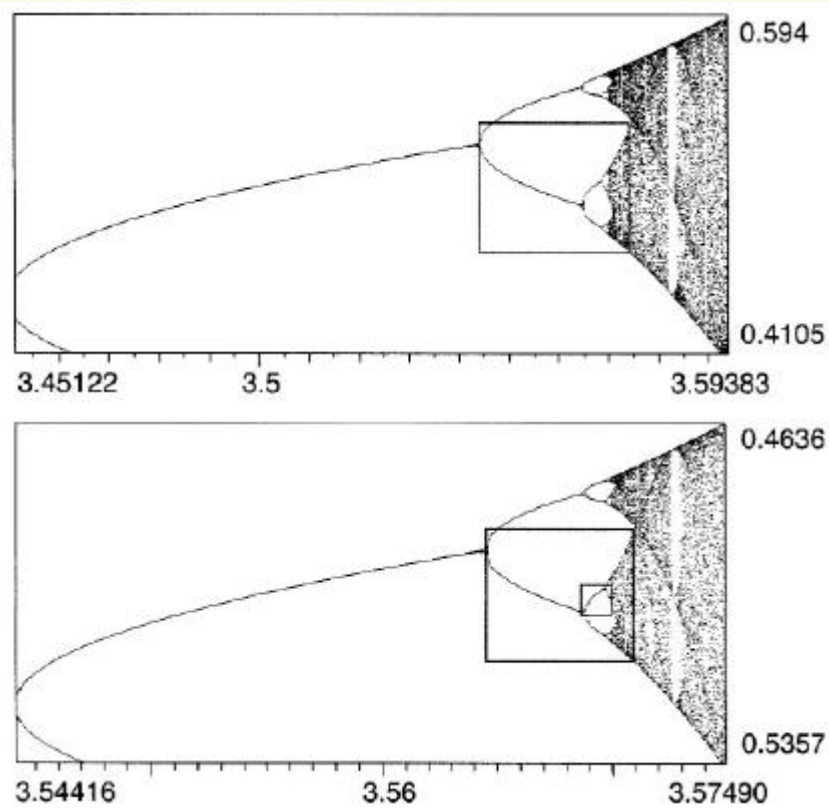
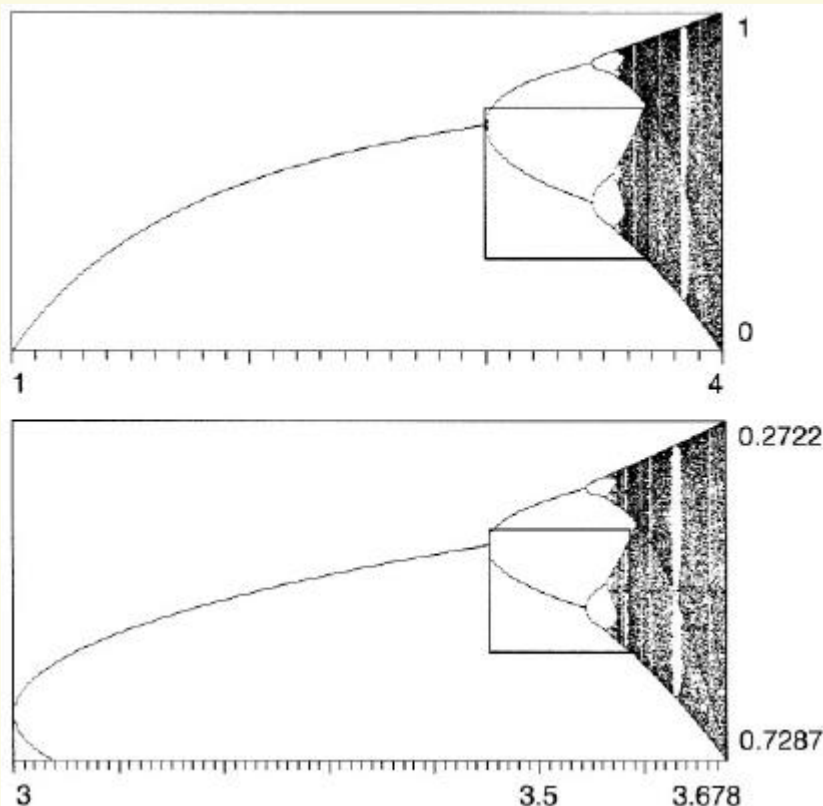
Phase Space is Low Dimensional



phase space

Feigenbaum Diagram:

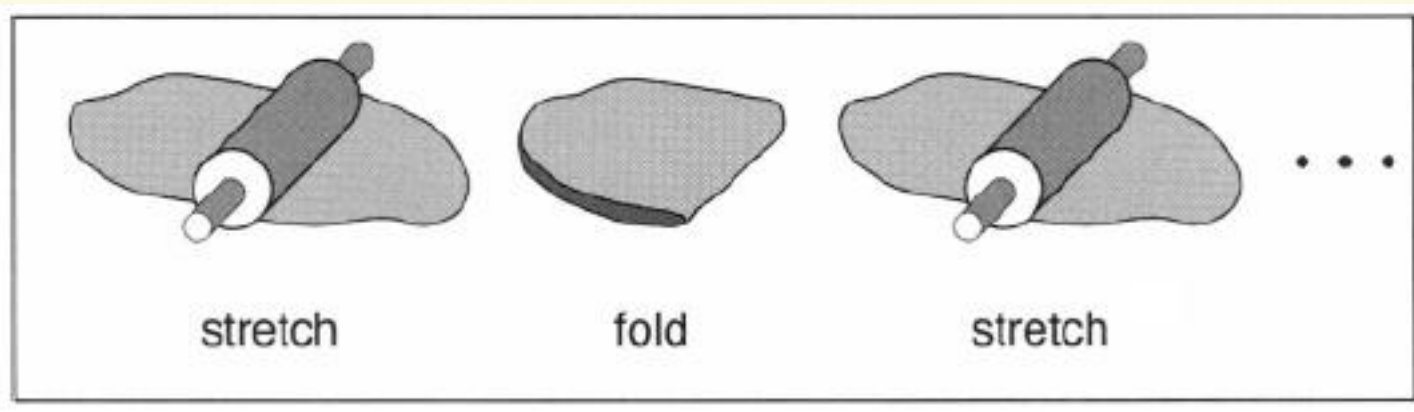
❖ چه برداشتی از شکل‌های زیر دارید؟



Chaos and Fractals, page 545

Paitgen , Jurgens and Saupe, “Chaos and Fractals”, Springer, 2004.

قبض و بسط (stretch and fold)



Kneading with a Rolling Pin

Kneading as a feedback process:
stretch, fold, stretch, and so on.

Figure 10.26

تغییرات آب و هوا طی سال
تغییرات بارندگی طی سال
رفتارهای اجتماعی و فردی انسان‌ها
قیمت پیاز و سیب‌زمینی!

.....

جهان شمولی (Universality)

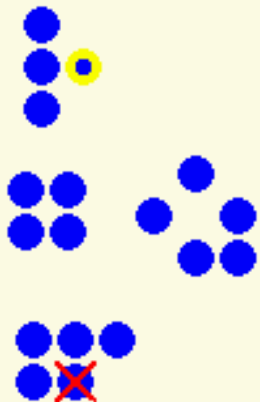
پیچیدگی یا سادگی؟ (Game of Life)

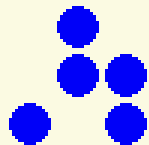
❖ شرایط بازی:

- ✓ نسل در یک موقعیت شروع قرار می‌گیرد و قواعد بازی تعیین می‌کند که در ادامه چه اتفاقی می‌افتد.
- ✓ بازی برنده و بازنده ندارد زیرا اصلاً بازیگر ندارد.
- ✓ بازی در فضای سلول‌های مربعی اجرا می‌گردد (مثل صفحه شطرنج) با این تفاوت که صفحه در تمام جهات تا بی‌نهایت ادامه دارد.
- ✓ هر سلول دارای دو وضعیت است: زنده یا مرده
- ✓ هر سلول دارای هشت سلول همسایه است.

❖ قواعد بازی:

- ✓ سلول مرده‌ای که دقیقاً دارای سه سلول زنده در همسایگی خود باشد زنده می‌شود (متولد می‌گردد)
- ✓ سلول زنده‌ای که دارای دو یا سه سلول زنده در همسایگی خود باشد زنده باقی می‌ماند.
- ✓ در تمام حالت‌های دیگر، سلول می‌میرد یا مرده باقی می‌ماند.





❖ الگوی Glider

- ✓ هر چهار مرحله، یک قدم به صورت قطری جلو می‌رود.
- ✓ در قواعد چیزی در مورد **حرکت الگو** مطرح نشده بود ولی ...

❖ چرا به سراغ Game of Life آمدیم؟

- ✓ Game of Life این امکان را فراهم می‌کند که سیستمی که قواعد آن را می‌دانیم مورد مشاهده قرار دهیم.
- ✓ معمولا برای شناخت موجودات پیچیده، موجودات ساده‌ای (مثل کرم) را مورد آزمایش قرار می‌دهیم.

❖ چند سوال اساسی:

- ✓ چگونه الگوهای فوق العاده استادانه‌ای از این قواعد ساده حاصل می‌گردد؟
- ✓ آیا قاعده‌ای برای حرکت الگوی Gilder در قواعد ارائه شده بود؟
- ✓ آیا اکنون می‌توان در مورد ایجاد گلبرگ‌های رز از بافت‌هایی که با هم رشد می‌کنند نظر دارد؟
- ✓ آیا اکنون می‌توان در مورد ایجاد نوارهای رنگی گورخر از بافت‌هایی که با هم رشد می‌کنند نظر دارد؟
- ✓ آیا پخش شدن انسان‌ها بر روی کره زمین قابل توجیه است؟
- ✓ قواعد حاکم بر زندگی واقعی چیست؟

جلوه‌هایی در طبیعت

Cauliflower Self-Similarity

The self-similarity of an ordinary cauliflower is demonstrated by dissection and two successive enlargements (bottom). The small pieces look similar to the whole cauliflower head.

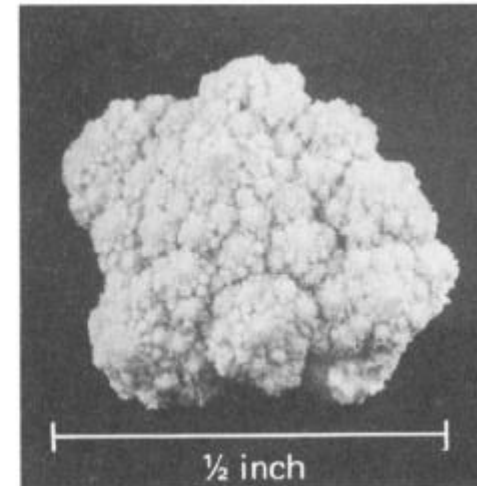
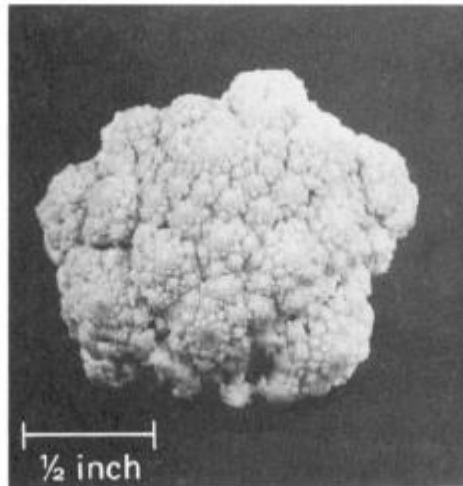
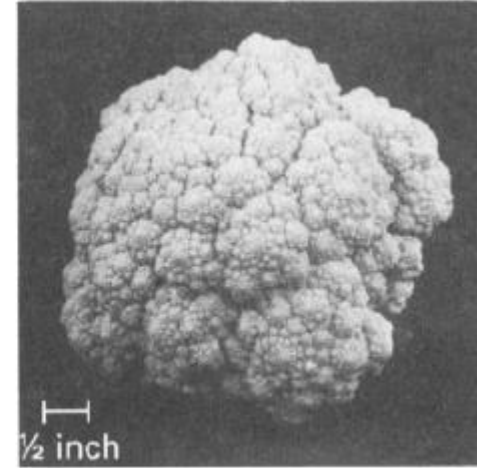


Figure 2.1

Chaos and Fractals, page 62

Paitgen , Jurgens and Saupe, "Chaos and Fractals", Springer, 2004.

جلوه‌هایی در طبیعت

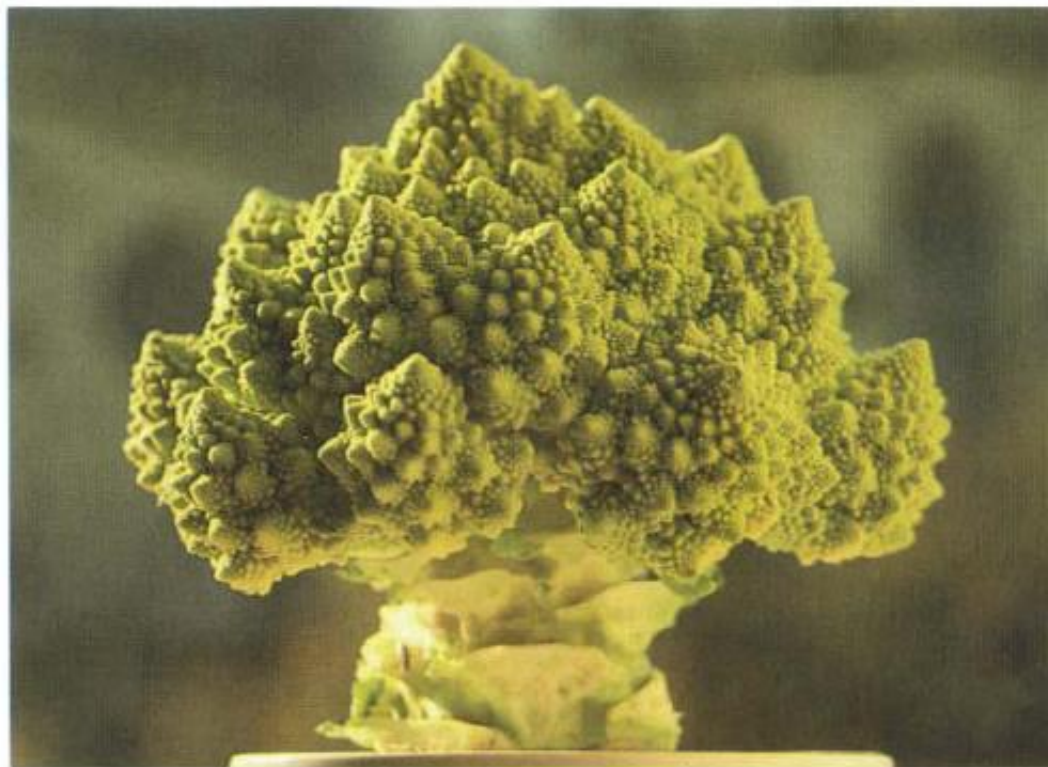


Plate 3: Broccoli Romanesco.

Chaos and Fractals, page 130+

Paitgen , Jurgens and Saupe, “Chaos and Fractals”, Springer, 2004.

جلوه‌هایی در طبیعت

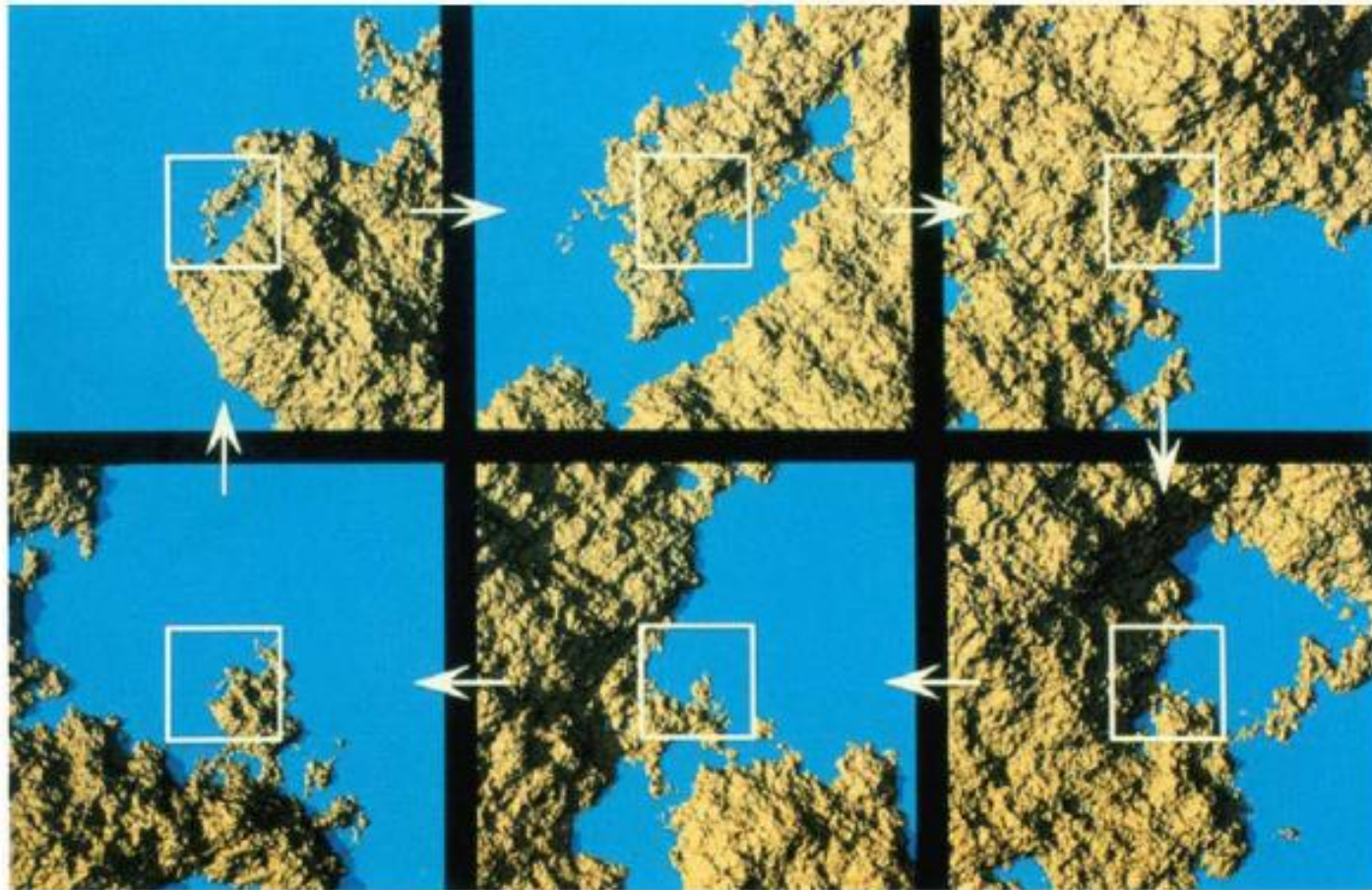


Plate 8: Fractal coast, repeating after 6 magnifications, © R.F. Voss.

Chaos and Fractals, page 130+

Paitgen , Jurgens and Saupe, “Chaos and Fractals”, Springer, 2004.

جلوه‌هایی در طبیعت

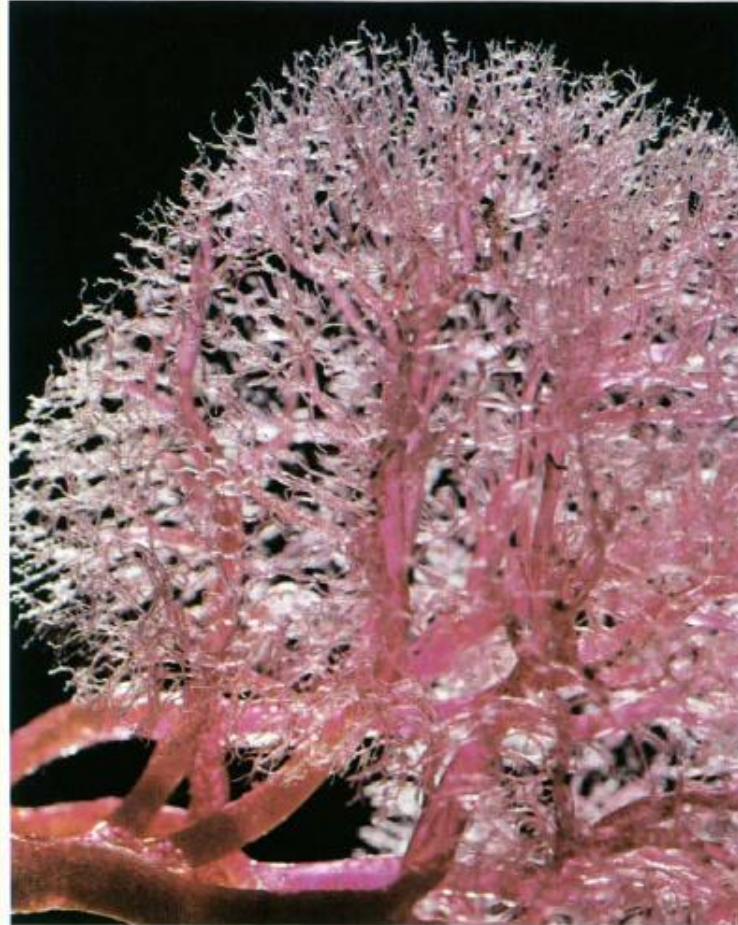
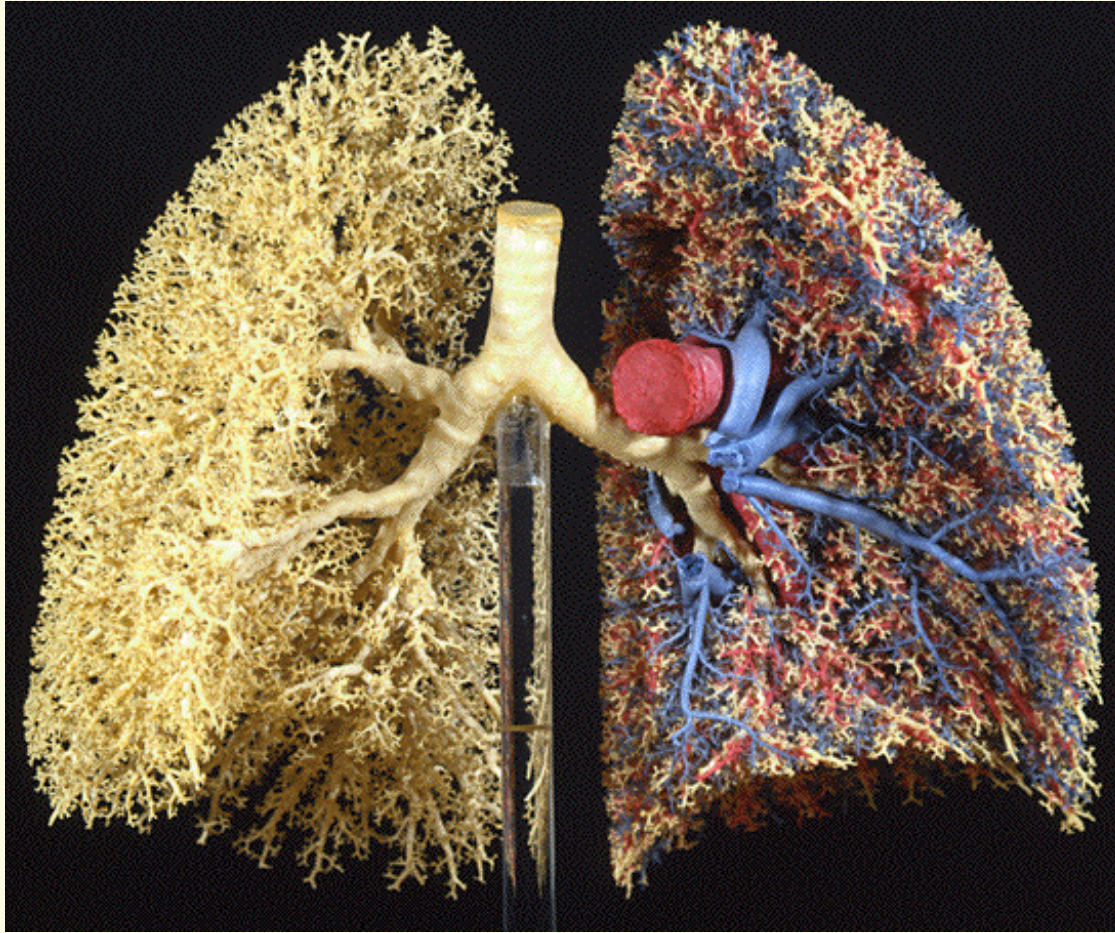


Plate 2: Cast of a child's kidney, venous and arterial system,
© Manfred Kage, Institut für wissenschaftliche Fotografie.

Chaos and Fractals, page 130+

Paitgen , Jurgens and Saupe, “Chaos and Fractals”, Springer, 2004.

جلوه‌هایی در طبیعت



جلوه‌هایی در طبیعت

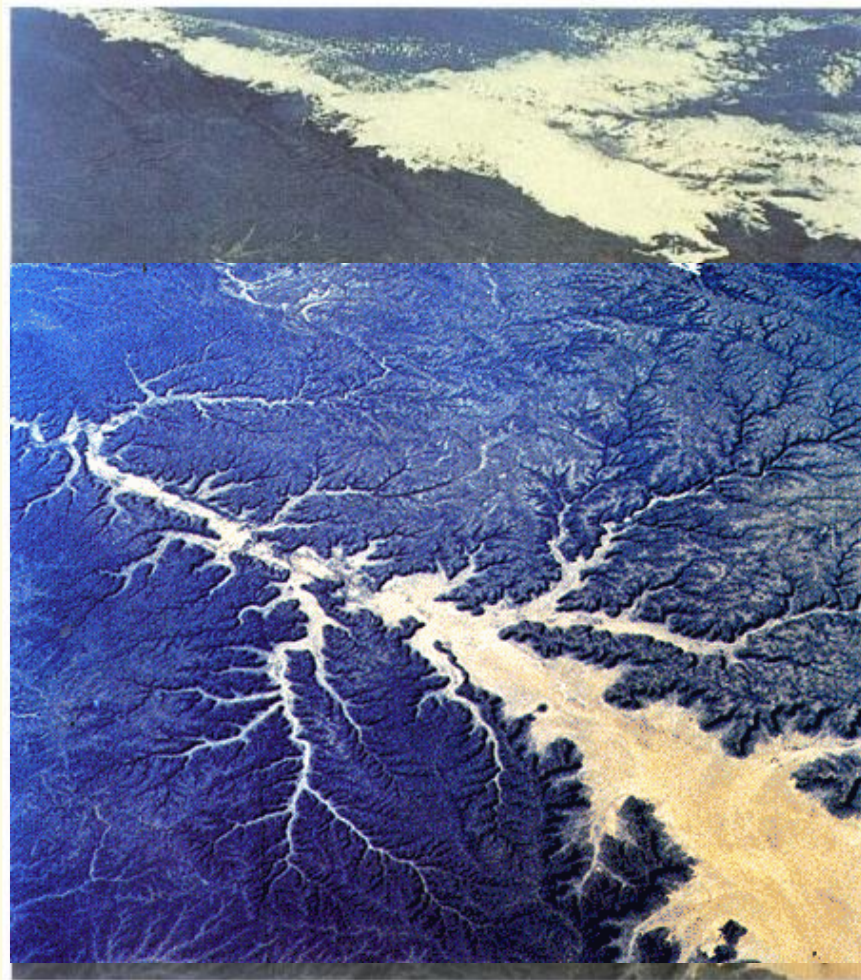


Plate 4: Wadi Hadramaut, Gemini IV image, © Dr. Vehrenberg KG.

Chaos and Fractals, page 130+

Paitgen , Jurgens and Saupe, “Chaos and Fractals”, Springer, 2004.

جلوه‌هایی در طبیعت



❖ Two Reasons to Compute π

However, there are two new reasons for this excessive digit hunting. The first one is related to a longstanding conjecture which states that the digits in π as well as the pairs of digits, the triplets of digits, and so on are uniformly distributed. In mathematical terms, π is believed to be a normal number. By extensive computer study, one may be able to find signs about the truth or falsity of this conjecture. At least up to the digits computed so far, statistical tests indicate that π is, in fact, normal.²⁰ Of course, this is far from a proof. The other reason why programs for the calculation of π should be written is that they can be used to effectively test the reliability of computer hardware. It is claimed that some computer manufacturers indeed perform such tests.²¹ Even the smallest error at any operation in the calculation will invariably produce wrong digits from some place on, and these errors are very obviously detectable.

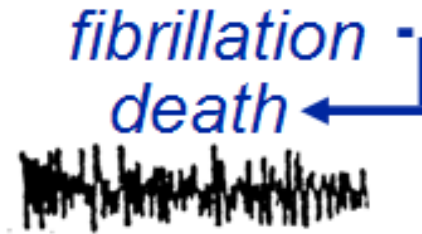
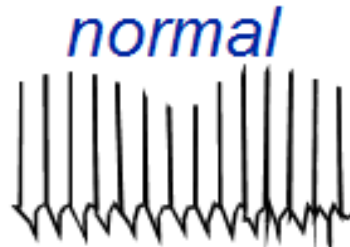
❖ Is There a Message in π

The advanced and more recent efforts to compute π may have inspired Carl Sagan to a part of his novel *Contact*²² where he presents speculation about a hidden pattern or message God may have provided in the digits of π . In the story a super computer makes a discovery after countless hours of number crunching: the sequence of digits of π , located very far from the beginning, interpreted bitwise and displayed as a rectangular picture, shows a well-known figure — a circle. The novel concludes:

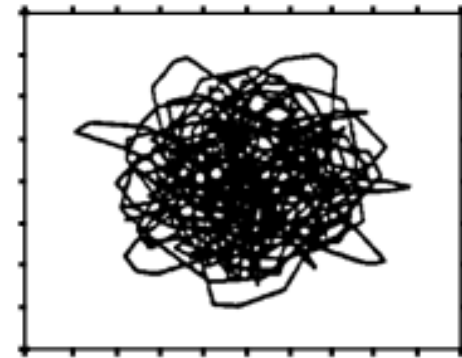
“In whatever galaxy you happen to find yourself, you take the circumference of a circle, divide by its diameter, measure closely enough, and uncover a miracle — another circle, drawn kilometers downstream of the decimal point. There would be richer messages further in. It doesn't matter what you look like, or what you're made of, or where you come from. As long as you live in this universe, and have a modest talent for mathematics, sooner or later you'll find it. It's already here. It's inside everything. You don't have to leave your planet to find it. In the fabric of space and in the nature of matter, as in a great work of art, there is, written in small, the artist's signature. Standing over humans, gods, and demons, [...] there is an intelligence that antedates the universe.”

جلوه‌هایی در طبیعت

Phase space
 $V(t), V(t+\Delta t)$



$D = 1$
chaos



$D = \infty$
random

فرست مطالب

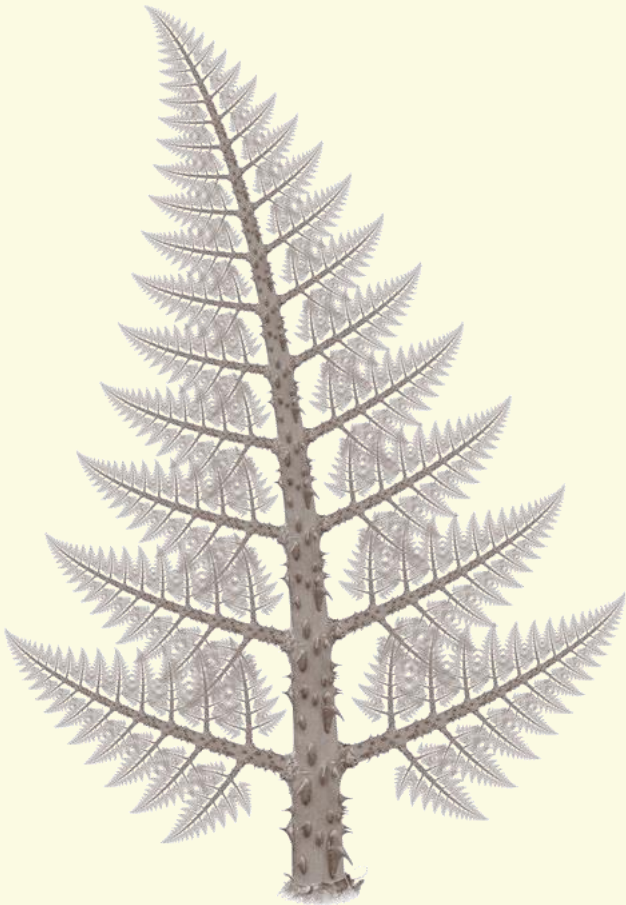
☒ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب

☐ معرفی و آشنایی 

☐ مباحث درس

☐ مراجع و منابع قابل استفاده

☐ نحوه‌ی ارزیابی



معرفی و آشنایی

آدرس پست الکترونیکی:

maleki@semnan.ac.ir

آدرس صفحه‌ی درس پروفایل اساتید: amaleki.profile.semnan.ac.ir

درباره من

دکتر علی مالکی

آدرس سمنان، روبروی پارک جنگلی سوکان، پردیس شماره ۱ دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

ایمیل amaleki@semnan.ac.ir

تلفن ۲۳۳۱۵۳۲۶۸۴(۹۸+)

محقق گوگل [پروفایل](#)

اسکوپوس [پروفایل](#)

وبسایت <https://amaleki.profile.semnan.ac.ir>

@ دانشیار گروه آموزشی مهندسی پزشکی
@ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دکترای مهندسی پزشکی (بیوالکتریک) کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی (بیوالکتریک) کارشناسی مهندسی برق (الکترونیک)...



محقق گوگل (۱۴۰۴/۶/۲۹)



علی مالکی

درباره

رزومه

انتشارات

دانلود

طرح درس

بلاگ

تماس

علم سنجی

فهرست مطالب

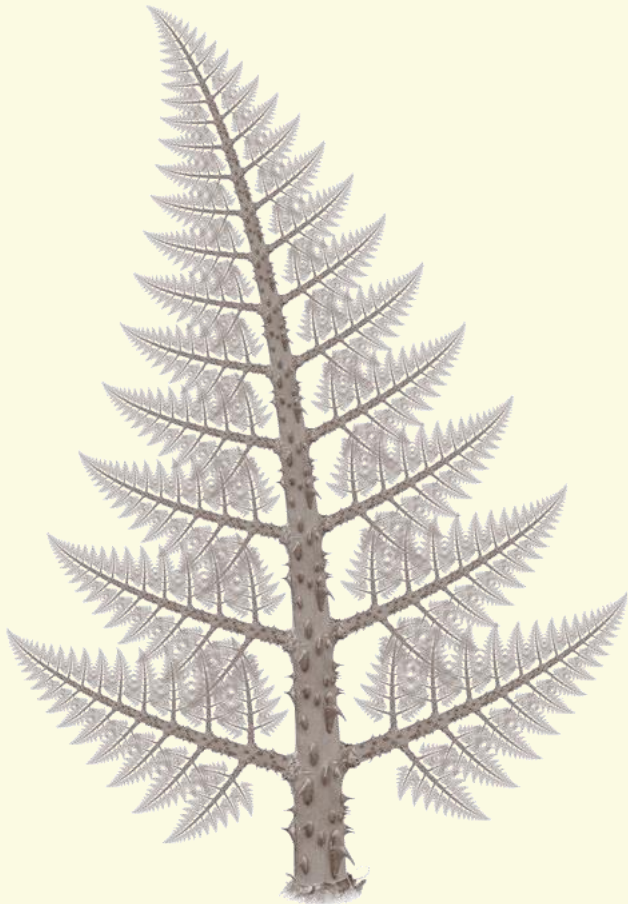
✓ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب

✓ معرفی و آشنایی

□ مباحث درس ←

□ مراجع و منابع قابل استفاده

□ نحوه‌ی ارزیابی



سرفصل درس

کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی پزشکی / ۶۵

عنوان درس به فارسی: آشوب و کاربردهای آن در مهندسی پزشکی		
عنوان درس به انگلیسی: Chaos Theory and Its Applications in Biomedical Engineering		
نوع درس و واحد	پایه ☐ نظری ☒	
دروس پیش‌نیاز:	-	
دروس هم‌نیاز:	-	
تعداد واحد:	۳	
تعداد ساعت:	۴۸	
رساله / پایان‌نامه ☐	اختیاری ☒	تعمیلی ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمونگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

- آشنایی با اصول و پایه‌های علمی درس

اهداف ویژه:

۱. افزایش توانمندی و مهارت در حوزه تخصصی درس
۲. تفهیم سرفصل‌های دین

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشوب در معادلات نگاشت:
نگاشت و معادلات دیفرانسیل، تعریف نقاط تعادل در نگاشت، بافتن نقاط تعادل، آلتایر پایداری نقاط تعادل، معرفی معادله لاجبیتک، بررسی غایت‌های میسک بک نگاشت، معرفی آشوب، معرفی نمودار دوشاخگی، نحوه رسم نمودار دوشاخگی، زمان گذار، حساسیت به شرایط اولیه و اثر پروانه‌ای، پنجره‌های نانوب، هروله و اینترمیتنسی
۲. آشوب در معادلات دیفرانسیل:
دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل، بافتن نقاط تعادل، آلتایر پایداری نقاط تعادل، جریان‌های آشوبی، جاذب‌های عجیب، قطع پوانکزه، معرفی معادله لورنز، جاذب‌های پنهان، سیستم‌های چند پایدار، چند پایداری‌های خاص (extreme multistability, megastability) سیستم‌های آشوبی بدون نقطه تعادل، سیستم‌های آشوبی با نقطه تعادل پایدار، سیستم‌های آشوبی با بی‌نهایت نقطه تعادل، آشوب زیبا
۳. آشوب و دینامیک غیر خطی در سیستم‌های زیستی:
مدل‌های نورونی نگاشت-پایه ماند Rulkov، مدل‌های نورونی جریان-پایه ماند Hindmarsh-Rose، نمودار دوشاخگی در پاسخ شبکه به تابش نور منقطع، بیمارهای دینامیکی (صرع، میگرن، افسردگی و...)، سایر مدل‌های آشوبگونه زیستی
۴. هندسه فرکتال و آشوب
مجموعه‌های حدی و هندسه فرکتال، بعد فرکتال، مجموعه‌های Julia و Mandelbrot
۵. مباحث پیشرفته و کاربردی در تئوری آشوب
استفاده از معیارهای دینامیک غیرخطی در پردازش سیگنال‌های زیستی، پیچیدگی و آنتروپی در سیستم‌های آشوبی، کنترل آشوب، سیرتیک و آشوب، شبکه‌های آشوبگونه زیستی، ساختارهای گوناگون شبکه‌ها، هم‌زمانی و معیارهای آن، امواج مارپیچ، کپور هم‌زمانی خوشه‌ای

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از روش‌های نوین و تعاملی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهای):

کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی پزشکی / ۶۶

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
بر اساس نظر استاد
آزمون پایان نیم‌سال
بر اساس نظر استاد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

استفاده از امکانات و روش‌های سمعی-بصری و نرم‌افزارهای مرتبط در حد امکان

ج) فهرست منابع پیشنهادی:

- [1] Hilborn RC. Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers: oxford university press Oxford; 2000.
- [2] Sprott JC. Some simple chaotic flows. Physical review E. 1994;50:R647.
- [3] Ott, E., C. Grebogi, and J.A. Yorke, Controlling chaos. Physical review letters, 1990. 64(11): p. 1196.
- [4] Sprott, J.C., Chaos and time-series analysis. 2003: Citesecr.
- [5] Schöll, E. and H.G. Schuster, Handbook of chaos control. 2008: Wiley Online Library.
- [6] Feder, J., Fractals. 2013: Springer Science & Business Media.
- [7] Dudkowski, D., et al., Hidden attractors in dynamical systems. Physics Reports, 2016. 637: p. 1-50.
- [8] Preissl, H., W. Lutzenberger, and F. Pulvermüller, Is there chaos in the brain? Behavioral and Brain Sciences, 1996. 19(2): p. 307-308.
- [9] Faure, P. and H. Korn, Is there chaos in the brain? I. Concepts of nonlinear dynamics and methods of investigation. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie, 2001. 324(9): p. 773-793.
- [10] Korn, H. and P. Faure, Is there chaos in the brain? II. Experimental evidence and related models. Comptes rendus biologiques, 2003. 326(9): p. 787-840.
- [11] Pecora, L.M. and T.L. Carroll, Synchronization in chaotic systems. Physical review letters, 2015. 64(8): p. 821.

[12] هاشمی گلپایگانی س.م.ز: "آشوب و کاربردهای آن در مهندسی" انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۸

[13] نصرآبادی، ع.م.، بغدادی، گ.، آشوب و دینامیک‌های غیرخطی: تحلیل سیستم‌ها و کمی‌سازی سیگنال‌ها، انتشارات دانشگاه شاهر، ۱۴۰۰

مباحث درس:

- ❖ نمونه‌هایی از سیستم‌های آشوبناک
- ❖ جهان‌شمولی در آشوب
- ❖ دینامیک در فضای حالت یک و دو بعدی
- ❖ فضای حالت سه بعدی و آشوب
- ❖ نقشه‌های تکراری
- ❖ رفتار شبه‌تناوبی و آشوب
- ❖ Intermittency
- ❖ کمی‌سازی آشوب
- ❖ فرکتال‌ها
- ❖ نمونه کاربردهای آشوب در مهندسی پزشکی

فهرست مطالب

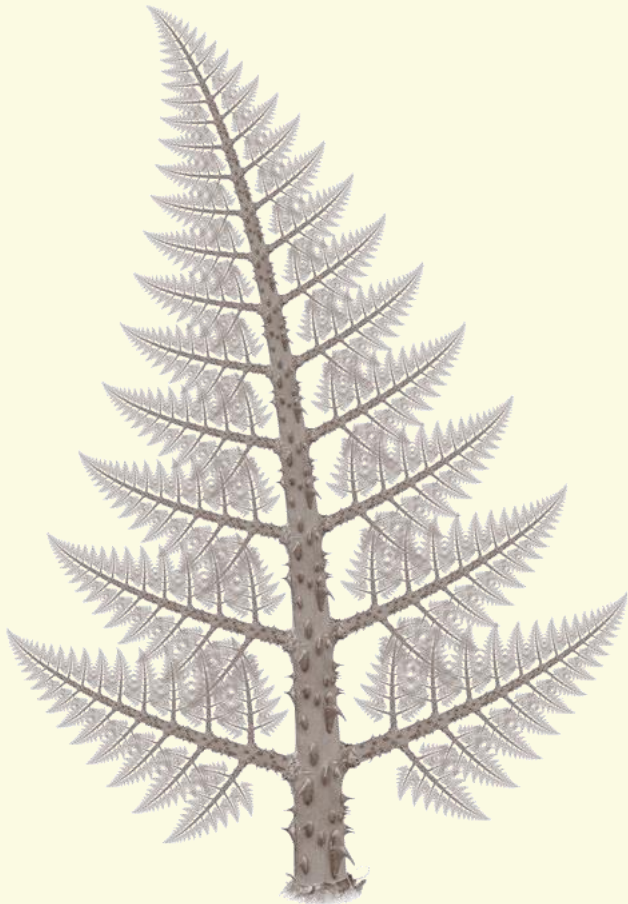
✓ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب

✓ معرفی و آشنایی

✓ مباحث درس

◻ مراجع و منابع قابل استفاده ←

◻ نحوه‌ی ارزیابی

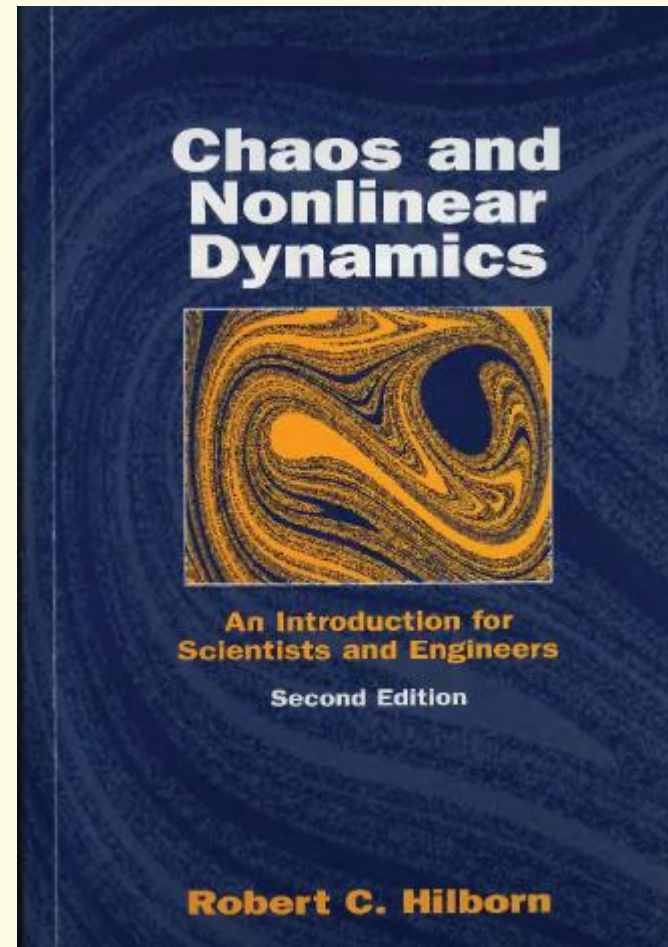


Chaos and Nonlinear Dynamics, 2nd Edition

Hilborn

Oxford University Press

2000



Chaos and Nonlinear Dynamics, cover

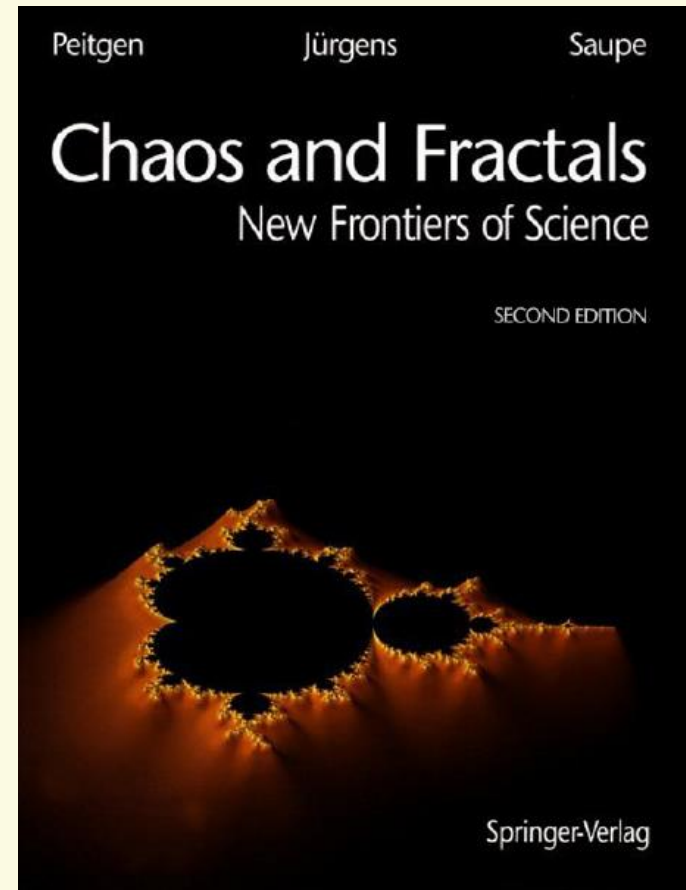
Hilborn, "Chaos and Nonlinear Dynamics", Oxford University Press, 2000.

Chaos and Fractals, New Frontiers of Science, 2nd Edition

Peitgen, Jurgens and Saupe

Springer

2004



Chaos and Fractals, cover

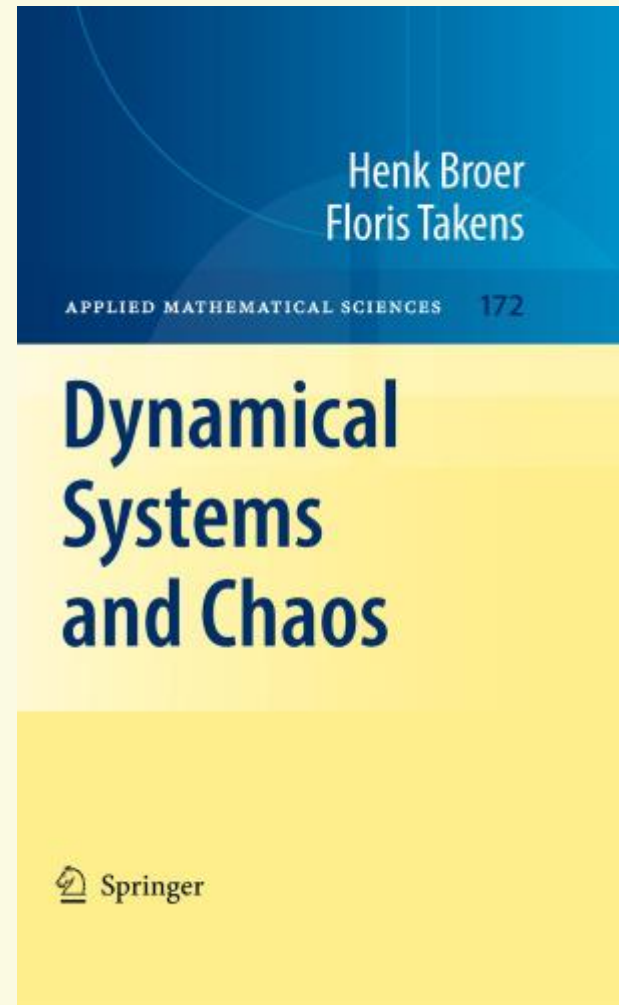
Peitgen, Jurgens and Saupe, "Chaos and Fractals", Springer, 2004.

Dynamical Systems and Chaos

Broer and Takens

Springer

2011



Dynamical Systems and Chaos, cover

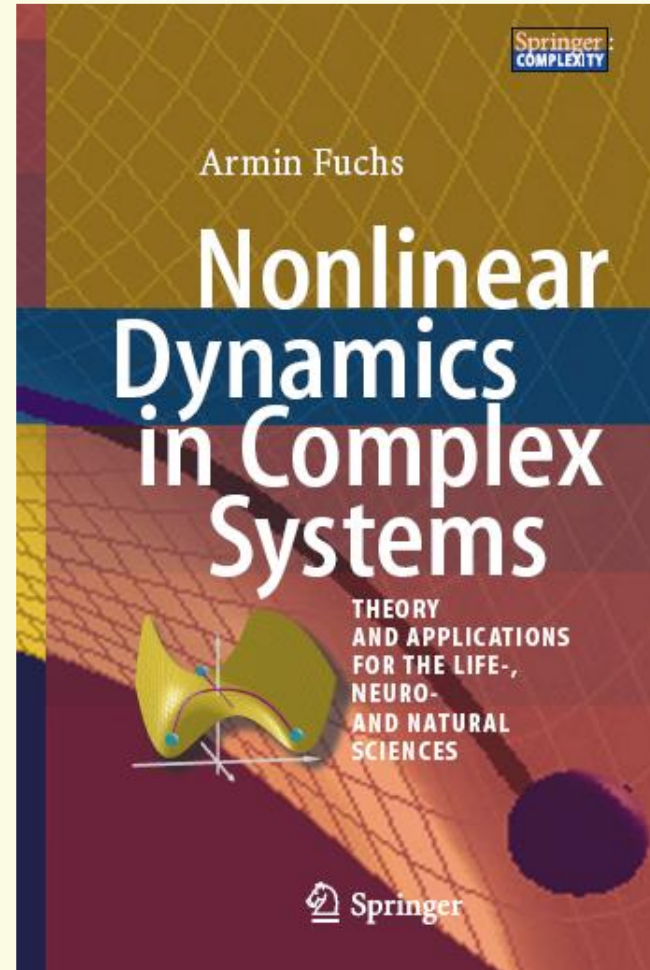
Broer and Takens, "Dynamical Systems and Chaos", Springer, 2011.

Nonlinear Dynamics in Complex Systems

Fuchs

Springer

2013



Nonlinear Dynamics in Complex Systems, cover

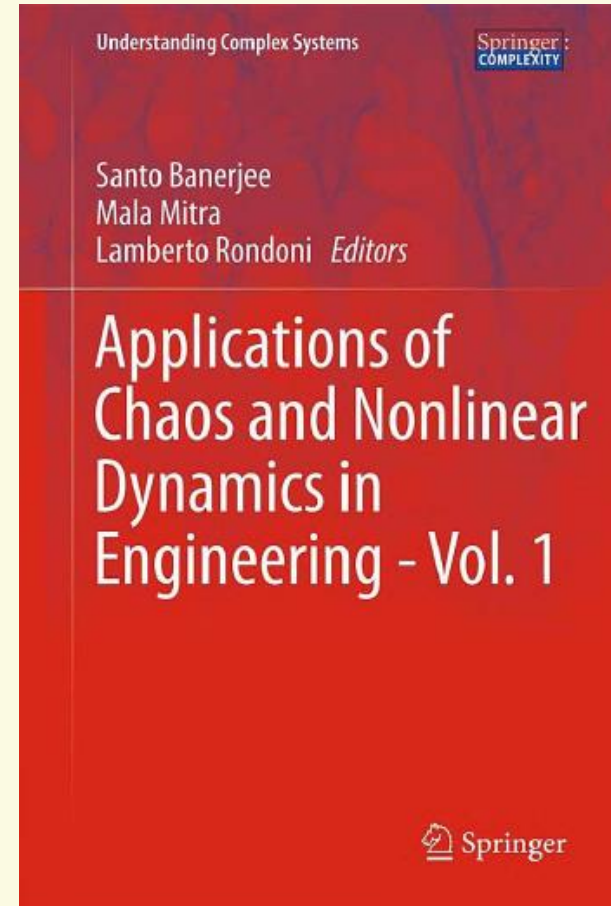
Fuchs, "Nonlinear Dynamics in Complex Systems", Springer, 2013.

Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Engineering – Vol. 1

Banerjee, Mitra and Rondoni

Springer

2011



Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Engineering–Vol. 1, cover

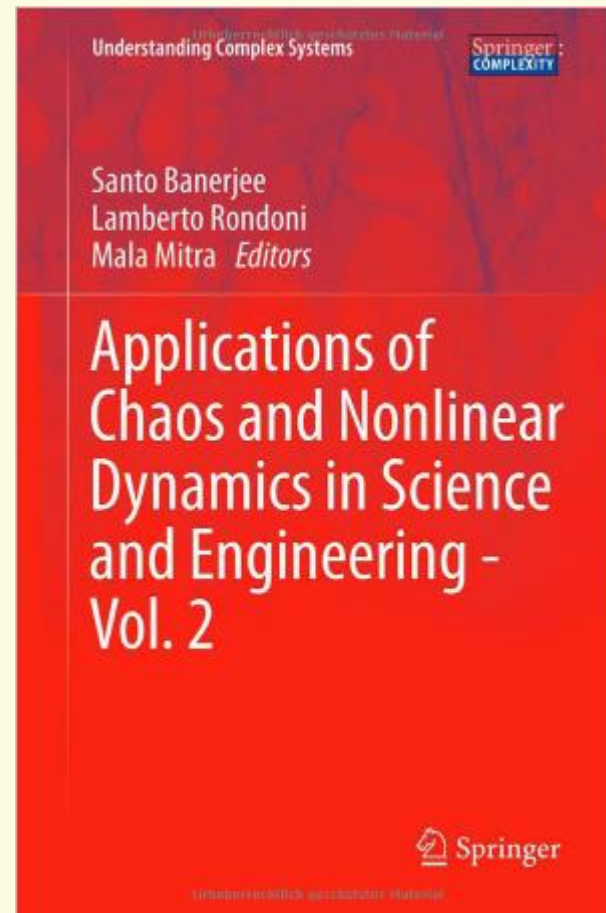
Banerjee et al., “Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Engineering–Vol. 1”, Springer, 2011.

Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering – Vol. 2

Banerjee, Rondoni and Mitra

Springer

2012



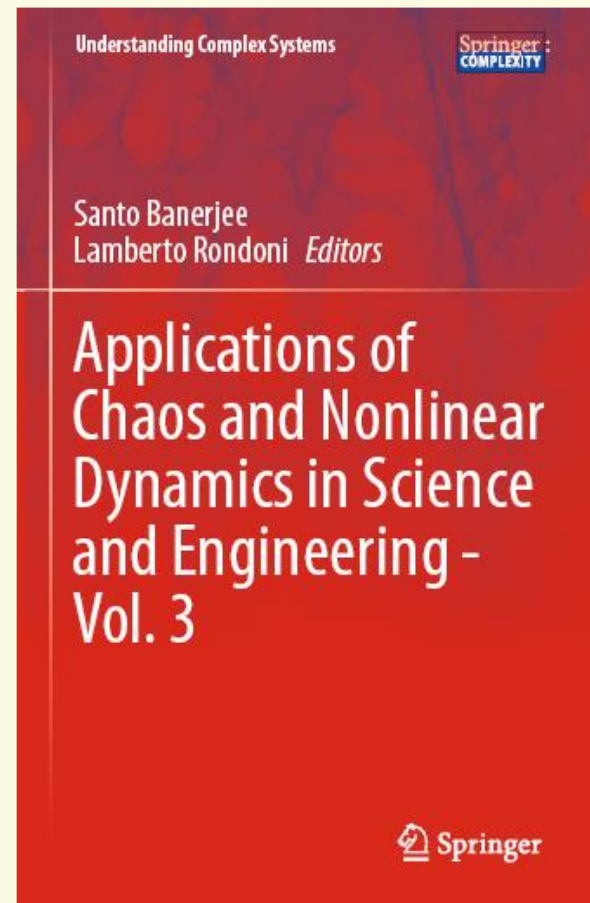
**Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering–Vol. 2, cover
Banerjee, Rondoni and Mitra., “Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and
Engineering–Vol. 2”, Springer, 2011.**

Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering – Vol. 3

Banerjee and Rondoni

Springer

2013



Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering–Vol. 3, cover
Banerjee and Rondoni, “Application of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering – Vol. 3”, Springer, 2013.

فهرست مطالب

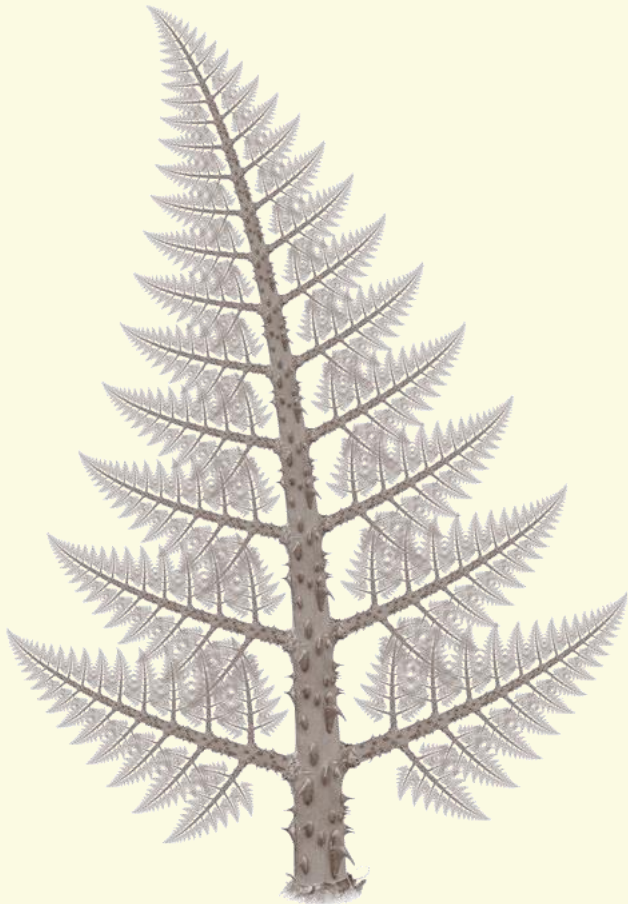
✓ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب

✓ معرفی و آشنایی

✓ مباحث درس

✓ مراجع و منابع قابل استفاده

☐ نحوه‌ی ارزیابی ←



نحوه‌ی ارزیابی

- ❖ تمرین‌ها: ۲ نمره
- ❖ امتحان طی دوره: ۶ نمره
- ❖ امتحان پایان دوره: ۱۰ نمره
- ❖ پروژه: ۲ نمره

تاریخ امتحان طی دوره:

➤ شنبه، ۱۴۰۴/۸/۳

➤ شنبه، ۱۴۰۴/۹/۸

فهرست مطالب

- ✓ مقدمه‌ای بر دینامیک غیرخطی و آشوب
- ✓ معرفی و آشنایی
- ✓ مباحث درس
- ✓ مراجع و منابع قابل استفاده
- ✓ نحوه‌ی ارزیابی

