دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان:

سنکرون سازی سیستم های آشوبناک

استاد راهنما: جناب آقای دکتر مبین

نگارش: فاطمه نظری

زمستان ۱۳۹۵

چکیده

انگاره اصلی و کلیدی تئوری آشوب[1] این است که در هر بی نظمی، نظمی نهفته است. پرداختن به ابعاد و ویژگی های این نظریه که نظم می تواند آشفتگی ایجاد کند و آشفتگی می تواند در نظام های پویای خلاق ایجاد نظم کند؛ بینشی جدید، علمی و قوی بر مبنای دیدگاه سیستمی است که محققان در قرن بیست و یکم برای ورود موفق به فضای پرشتاب و آکنده از تغییر و تحول امروزی، روی به کار بستن آن در علوم مختلف تاکید دارند. همچنین نیاز به کنترل وقایع و سیستمهای بسیار غیر خطی امروزه نیاز جوامع و صنایع مختلف گشته است و پیدا کردن راهی برای حل مسایل و برطرف نمودن مشکلات آن هدف بسیاری از محققین میباشد.

عبارت کنترل آشوب عموماً به زمینه ای در مطالعات علمی اشاره دارد که واسط بین تئوری کنترل و تئوری دینامیک سیستمها بوده و به مطالعه روش کنترل سیستمهای معین می پردازد که دارای رفتار نامنظم و آشوبگرانه باشند. تعاریف ریاضی متفاوتی از آشوب بیان شده است اما همگی آنها در واقع بیشتر بیان کننده حساسیت بیش از حد[2] سیستم نسبت به شرایط اولیه می باشند و می گویند که مسیرهای حالت سیستم در مسافت کوتاهی واگرا[3] می شوند و پیش بینی رفتار دراز مدت سیستم غیر ممکن است و این در حالیست که مسیرهای حالت سیستم محدود باقی می مانند .

در این پایان نامه مسائل آشوب، کنترل آشوب و سنکرون سازی[4] سیستم های آشوبناک با مرتبه متفاوت و به طور تخصصی مسئله سنکرون سازی آشوب یک سیستم آشوبناک که توسط **Lu et al** پیشنهاد شده مورد بررسی قرار می گیرد. یک کنترلر غیرخطی جدید بر پایه نظریه پایداری لیاپانوف طراحی می شود. کنترلر پیشنهادی تضمین می کند که حالتهای کنترل شده سیستم آشوبناک پیرو[5] به طور تقریبی حالتهای سیستم اصلی[6] را سنکرون می کند. یک مثال عددی هم برای روشن کردن پروسه طراحی شده و مزیت نتایج استخراج شده داده شده است.

کلید واژه: آشوب، تئوری کنترل، تئوری دینامیک سیستم ها، سنکرون سازی، کنترلر غیرخطی، پایداری لیاپانوف.

---

[1] - chaotic

[2] - super sensitivity

[3] - divergent

[4] - synchronization

[5] - slave

[6] - master

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱
آشوب و سیستم های آشوبگونه ۱
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ پیشینه ۲
۱-۳ بی نظمی یا آشوب چیست؟ ۳
۱-۴ اهمیت بررسی پدیده آشوب ۴
۱-۵ موارد استفاده از آشوب ۴
۱-۵-۱ به منظور تولید اعداد تصادفی. ۴
۱-۵-۲ به منظور ارسال اطلاعات بسیار محرمانه. ۵
۱-۵-۳ تولید اغتشاش در جنگ های الکترونیکی. ۵
۱-۶ تعریف سیستم‌های آشوبگونه ۵
۱-۷ راههایی که منجر به آشوب می شود ۹
۱-۸ سیستم‌های آشوبگونه معروف ۹
۱-۸-۲ اسیلاتور Lorenz: ۱۱
۱-۸-۳ اسیلاتور Rössler ۱۱
۱-۸-۴ اسیلاتور Chen: ۱۲
۱-۸-۵ اسیلاتور Lü: ۱۳
فصل دوم ۱۵
کنترل و نمونه هایی از سنکرون سازی سیستم های آشوبناک ۱۵
۲-۱ مقدمه ۱۶
۲-۲ اهداف کنترل در یک سیستم آشفته ۱۷
۲-۲-۱ پایدارسازی یک تعادل ناپایدار ۱۷
۲-۲-۲ تحریک یا تولید نوسانات آشفته ۱۷
۲-۲-۳ سنکرون کردن نوسانات آشفته ۱۸

۲-۳ بررسی یک نمونه پایان نامه در ارتباط با سیستم کنترل در تئوری آشوب ۱۸
۲-۳-۱ چگونگی ارتباط دهی کنترل کوره قوس الکتریکی با تئوری آشوب ۱۹
۲-۳-۲ نتیجه گیری از مباحث پایان نامه مورد بررسی ۲۰
فصل سوم ۲۱
سنکرون سازی سیستم های آشوبناک با مرتبه متفاوت ۲۱
۳-۱ مقدمه ۲۲
۳-۲ بیان مساله ۲۵
۳-۳ فیدبک پیشنهادی و جزییات طراحی ۲۷
۳-۳-۱ سنکرون سازی مرتبه کاهش یافته تحت اطلاعات جزیی ۲۸
۳-۳-۲ سنکرون سازی مرتبه کاهش یافته با حداقل اطلاعات اولیه ۳۱
۳-۴ بحث در مورد نتایج ۳۳
۳-۵ نکات نتیجه گیری ۳۵
فصل چهارم ۳۸
همزمان سازی آشوب یک سیستم آشوبناک با روش کنترل غیرخطی(با مرتبه یکسان) ۳۸
۴-۱ مقدمه ۳۹
۴-۲ سنکرون سازی آشوب ۳۹
فصل پنجم ۴۳
شبیه سازی ۴۳
۵-۱ مقدمه ۴۴
۵-۲ شبیه سازی عددی ۴۴
۵-۳ نتایج شبیه سازی ۴۵
۵-۴ مقادیر به کار رفته: ۵۲
فصل ششم ۵۳
نتیجه گیری ۵۳
مراجع ۵۵

فصل اول

آشوب و سیستم های آشوبگونه

۱-۱ مقدمه

در دو دهه اخیر بشر شاهد دگرگونی و انقلاب عظیمی در علوم طبیعی بوده است؛ بطوریکه با نگاه کلی به کمک تجربه های آزمون شده، ثابت گردیده که حیطه "روابط خطی"[۱] در قلمرو فیزیک و مکانیک فقط بخش بسیار کوچکی از نظام علمی بین پدیده ها را بیان می کند و این قلمرو "روابط غیر خطی"[۲] است که از طریق آن می توان به رابطه معین در جهت کشف و دریافت رموز نظم در بی نظمی دست یافت.

تئوری نظم در آشفتگی با خود دنیایی از تغییرات در علوم را آن هم در شرایطی که ماهیت سازمان ها و بازارهای فعلی جهان دائماً متلاطم، متغیر و رقابتی است، به همراه آورده است.

امروزه دیگر تصور ساده از نحوه فعالیت رخدادهای جهان جای خود را به تصوری پیچیده و پارادوکس گونه داده است و جهانی شدن، باعث تحرک فراوان اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و ارزشی شده و ضمن کاهش فاصله زمان و مکان، تفسیرهای جدیدی از سیاست، اقتصاد، فرهنگ، دولت، اقتدار و امنیت به دست می دهد. این پدیده، چالش ها و تعارض هایی را به همراه دارد و می تواند سبب ایجاد تحول عظیم در حوزه مسایل مهندسی شود، بر این اساس گام برداشتن در وادی جهانی شدن علوم مختلف مهندسی، کنترل و مدیریت خود (سرعت، نوآوری، انعطاف پذیری در عمل؛ بهره گیری از تفکر استنتاجی و ...) را طلب می نماید.

۱-۲ پیشینه

نظریه " نظم در بی نظمی" پس از دو نظریه نسبیت و کوانتوم؛ سومین انقلاب علمی عصر حاضر است. نظریه نسبیت؛ نظریه نیوتنی زمان و فضای مطلق را در هم ریخت و نظریه کوانتوم، رویای سنجش های دقیق؛ قابل کنترل و متقن را بر هم زد و نظریه نظم در بی نظمی یا آشوب، پیش بینی های یقینی را که از اندیشه های لابلاس نشأت می گرفت زیرسوال برد و ابزار حل مسائل پیچیده را در محیط آشوب و آکنده از تغییر و تحول امروزی را فراهم ساخت.

ایده اولیه این نظریه که پروانه ای می تواند باعث تغییری آشوب ناک شود. نخستین بار در سال ۱۹۵۲ میلادی در داستان کوتاهی بنام آوای تندر اثر، ری برد بری مطرح شد. پس از آن در سال ۱۹۶۱ ادوارد لورنز، دانشمند مشهور هواشناسی در پی ارائه مقاله ای به این نتیجه رسید که یک تغییر جزئی در شرایط اولیه معادلات پیش بینی کننده جوی، منجر به تغییرات بسیار شدید در نتایج حاصل از آنها می گردد.

---

۱ - linear relationship

۲ - nonlinear relationship

او جمله مشهور خود را که بعدها به "اثر پروانه"[1] مشهور شد، چنین بیان کرد "در یک سیستم دینامیکی مانند اتمسفر زمین، آشفتگی بسیار کوچک ناشی از به هم خوردن بال های یک پروانه می تواند منجر به توفان هایی در مقیاس یک قاره بشود."

پرا گوگین در دهه ۱۹۷۰ برای اولین بار مفهوم آنترپی آشفتگی را در جهان مطرح کرد. پراگوگین آشفتگی را در دو کتاب مشهورش با دو معنی مجزا ذکر کرد؛ ۱- تعادل ترمودینا میکی ۲- عدم تعادل جریان متلاطم آشفتگی وی یکی از اولین افرادی بود که برای استفاده از مفهوم آشفتگی در رشته های آکادمیک، مورد انتقاد قرار گرفت.

۱-۳ بی نظمی یا آشوب چیست؟

Chaos در لغت به معنی در هم ریختگی؛ آشفتگی و بی نظمی است و مترادف آن در مکانیک **Turbulance** یا تلاطم می باشد. این واژه به معنی فقدان هر گونه ساختار یا نظم است و معمولاً در محاورات روزمره آشوب و آشفتگی نشانه بی نظمی و سازمان نیافتگی به نظر آورده می شود و جنبه منفی در بردارد. اما در واقع با پیدایش نگرش جدید و روشن شدن ابعاد علمی و نظری آن امروزه دیگر بی نظمی و آشوب به مفهوم سازمان نیافتگی؛ ناکارائی؛ و در هم ریختگی تلقی نمی شود بلکه بی نظمی وجود جنبه های غیر قابل پیش بینی و اتفاقی در پدیده های پویاست که ویژگی خاص خود را دارد. بی نظمی نوعی نظم غائی در بی نظمی است.

هیلز در ۱۹۹۰ آشوب یا بی نظمی را اینگونه تعریف می کند: "بی نظمی و آشوب نوعی بی نظمی منظم[2] یا نظم در بی نظمی است. بی نظم از آن رو که نتایج آن غیر قابل پیش بینی است و منظم بدان جهت که از نوعی قطعیت برخوردارست."

بی نظمی در مفهوم علمی یک مفهوم ریاضی محسوب می شود که شاید نتوان خیلی دقیق آنرا تعریف کرد اما می توان آنرا نوعی اتفاقی بودن همراه با قطعیت دانست. قطعیت آن بخاطر آن است که بی نظمی دلایل درونی دارد و به علت اختلالات خارجی رخ نمی دهد و اتفاقی بودن بدلیل آنکه رفتار بی نظمی؛ بی قاعده و غیر قابل پیش بینی دقیق است. همچنین آدامس[3] آشفتگی را اینگونه تعریف می کند: از آشفتگی زندگی زائیده می شود در حالیکه از نظم عادت به وجود می آید.

---

[1] - butterfly effect

[2] - orderly disorder

[3] - H.Adams

۱-۴ اهمیت بررسی پدیده آشوب

اهمیت و لزوم وجود این بخش از آن جهت می باشد که انگیزه های لازم و قوی را به منظور تجزیه و تحلیل این پدیده غیر خطی تامین نماید. باعث روشن شدن زمینه های حضور و ظهور آشوب و همچنین تاثیرات آن بر عملکرد سیستمها خواهد شد. نیاز به دانستن و تحقیق نه تنها امکان شناخت هر چه بیشتر از سیستمها را فراهم می نماید بلکه سبب تحقق موارد ذیل نیز می گردد:

- فراهم گشتن امکان توضیح و کشف علل بسیاری از حوادث یا پدیده های طبیعی.
- امکان جلوگیری از برخی سوانح و خطرات.
- تصحیح رفتار و عملکرد برخی از سیستمها در جهت مطلوب.
- ایجاد آشوب در محدوده ای مشخص و تحت شرایطی کنترل شده.
- تشخیص علت پاره ای از بی نظمی ها و تصحیح قوانین علمی و کشف قوانین جدید.
- درمان برخی بیماریها و ایجاد محیطی بهتر و سالم تر.

۱-۵ موارد استفاده از آشوب

جالب ترین نحوه برخورد با سیستمهای آشوبی، مبارزه و حذف آنها نیست، بلکه استفاده از آنها می باشد. برای رفتارهای آشوبی پاره ای موارد بسیار جالب و منحصر به فرد پیدا شده است. برخی از سیستمهایی که از رفتارهای آشوبی استفاده می کنند یا تحت تاثیر آنها به طور عمده قرار می گیرند بسیار پیشرفته، گران قیمت و حیاتی هستند.

به هر حال، موارد استفاده و روشهای به کار گیری از سیستمهای آشوبی از زمینه های مهم تحقیق و پژوهش می باشد. برخی از موارد استفاده از رفتارهای آشوبی به قرار زیر است:

۱-۵-۱ به منظور تولید اعداد تصادفی.

در برخی از سیستمها نیاز به زنجیره ای از اعداد تصادفی می باشد. در این گونه موارد از سیستمهای آشوبی استفاده فراوان می شود.

۱-۵-۲ به منظور ارسال اطلاعات بسیار محرمانه.

در سیستمهای مخابراتی پیشرفته به منظور تولید فرکانس حامل که به صورت تصادفی تغییر می کند از سیستمهای آشوبی استفاده می شود. بدین صورت امکان ارسال اطلاعات بسیار محرمانه به صورتی امن فراهم می شود.

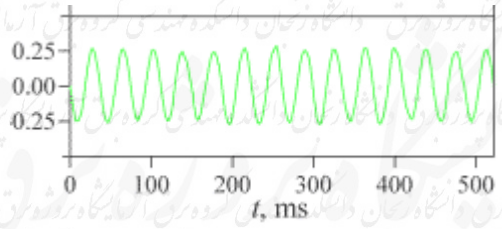
۱-۵-۳ تولید اغتشاش در جنگ های الکترونیکی.

در این موارد برای ایجاد سردر گمی، بی اثر کردن . ایجاد مشکل در سیستمهای الکترونیکی دشمن از سیستمهای آشوبی استفاده می شود. فرکانسهای تولیدی توسط یک سیستم آشوبی، تقویت شده و به سمت سیستمهای دشمن ارسال می گردد. سیستمهای دشمن می تواند از قبیل رادار، هواپیما، موشک و ... باشند.

۱-۶ تعریف سیستم‌های آشوبگونه

از رفتار نامنظم غیر قابل پیش بینی بسیاری از سیستمهای غیرخطی به عنوان آشوب نام برده می شود این گونه رفتار در نوسانگرهای مکانیکی مانند پاندول ها، در سیالات گرم شده[۱] یا پیچیده[۲] در حفره های لیزر و در برخی واکنشهای شیمیایی رخ می دهد. یکی از مشخصه های اصلی سیستمهای آشوبگونه این است که رفتار گذشته اش را تکرار نمی کند (حتی به طور تقریبی). یک مشخصه دیگر برای سیستمهای دینامیکی که رفتار آشوبی از خود نشان می دهند، این است که چنین سیستمهایی باید حتما حداقل یک عبارت غیرخطی را در برداشته باشند.

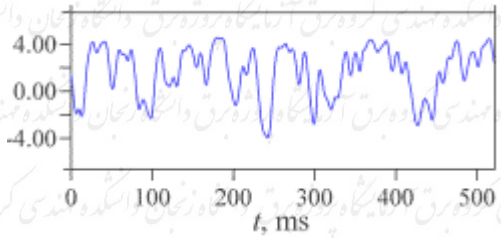
رفتارهای پرپودیک و آشوبگونه در شکلهای ۱-۱ و ۱-۲ از یکدیگر متمایز شده اند.



شکل ۱-۱ سیگنالی با رفتار پریودیک

[۱] - heated fluids

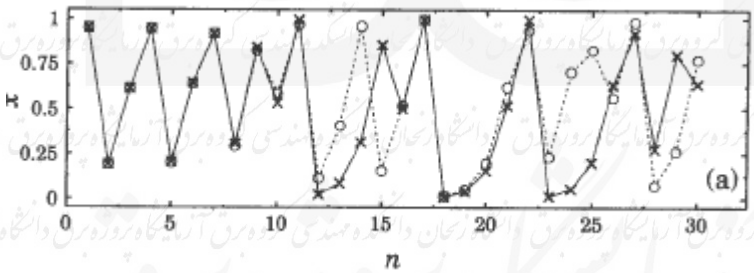
[۲] - rotating



شکل ۱-۲ سیگنالی آشوبگونه

سیستمهای دینامیکی آشوبگونه دارای معادلات قطعی هستند مانند آنهایی که از قانون دوم نیوتن استخراج شده اند یک ویژگی منحصر به فرد سیستمهای آشوبگونه ، وابستگی حساس آن به شرایط اولیه می باشد. در بررسی حالت های سیستمی می توان مشاهده کرد که اگر سیستم از دو حالت اولیه با اختلاف بسیار کم مثلاً **x** و ε**+x** که ε یک مقدار بسیار کوچک است شروع به حرکت کند درسیستمهای غیر آشوبگونه این اختلاف کم فقط منجر به خطایی در پیش بینی می شود که به صورت خطی با زمان زیاد می شود در مقابل سیستمهای آشوبگونه خطا به صورت نمایی با زمان رشد می کند.

به گونه ای که پس از زمان کوتاهی حالت سیستم نا آشنا می گردد در این مورد حالت های دو سیستم خیلی زود از یکدیگر جدا می شوند این در مورد یک سیستم دینامیکی آشوبگونه که با شرط اولیه بسیار نزدیک به هم به اجرا در آمده نشان داده شده است. از این پدیده که فقط سیستمهای غیرخطی رخ میدهد تحت عنوان حساسیت به شرایط اولیه نام برده می شود. در شکل ۱-۳ دو مسیر حالت شروع شده از شرایط اولیه $x_0 = 0.95$ که با علامت ضربدر مشخص شده و $x_0 = 0.95005$ که با علامت دایره مشخص شده نشان می دهد که بعد از مدتی از یکدیگر واگرا شده اند.



شکل ۱-۳ حساسیت سیستم آشوبگونه به شرایط اولیه

در سیستم‌های آشوبگونه یک واگرایی اولیه کوچک دلخواه نه تنها کوچک باقی نمی‌ماند بلکه به طور نمایی رشد می‌کند. شایان ذکر است که طیف فرکانسی یک مسیر آشوبگونه پیوسته است. در بسیاری موارد این نوسانات نامنظم و غیر متناوب بهتر می‌تواند نمایانگر فرایندها در سیستم‌های فیزیکی باشد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

با مطالعات بسیار و دقت در پایان نامه های متعدد در زمینه تئوری آشوب، بهینه سازی به روش تئوری آشوب و کنترل مدرن سیستم های آشوبناک و فهم در باره ی چگونگی ارتباط متغیرها با ورودی و خروجی سیستم آشوبناک به این نتیجه می رسیم که در سیستمهایی که متغییر ها با شرایط اولیه متفاوت ظاهر می شوند و همچنین نحوه ی ارتباط بین خروجی و ورودی (رفتار تابع تبدیل) بسیار غیر خطی را دارند، تئوری آشوب می تواند کمک شایانی در حل و کنترل اینگونه مسایل که دارای بی نظمی می باشند را منجر گردد.

سیستم سنکرون سازی با استفاده از تئوری آشوب نیز چون داری متغیر بی نظمی و شرایط اولیه های متفاوت در بسیاری مسایل کنترلی پیشرفته را دارد، می توان در همگرایی این سیستمها و همسو سازی(سنکرونیزاسیون) توابع کنترلی از تئوری آشوب استفاده نمود. این استفاده از تئوری های آشوب بسته به بیان مسئله به چگونگی تابع هدف و اعمال شرایط اولیه وابسته می باشد.

مراجع

[1] R. C. Hilborn, Chaos and nonlinear dynamics: An introduction for scientists and engineers, Oxford University Press, 2000.

[2] Steven H. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, And Engineering, Westview Press, 2001.

[3] Heinz Georg Schuster, Handbook of chaos control, Wiley-VCH, 2008.

[4] Chen M, Han Z. Controlling and synchronizing chaotic Genesio system via nonlinear feedback control. Chaos, Solitons & Fractals 2003;17:709–16.

[5] Lu¨ J, Chen G, Cheng D. A new chaotic system and beyond: the generalized Lorenz-like system. Int J Bifurcat Chaos 2004;14:1507–37.

[6] Lu J, Wu X, Lu¨ J. Synchronization of a unified chaotic system and the application in secure communication. Phys Lett A2002;305:365–70.

[7] F. J. Sharifi, G. Jorjani, "An Adaptive System for Modeling and Simulation of Electrical Arc Furnaces", Control Engineering Practice 17, Journal, pp. 1202-1219, 2009.

[8] Lu¨ J, Zhou T, Zhang S. Chaos synchronization between linearly coupled chaotic systems. Chaos, Solitons & Fractals2002;14:529–41.

[9] Lu¨ J, Chen G, Cheng D, Celikovsky S. Bridge the gap between the Lorenz system and the Chen system. Int J Bifurcat Chaos2002;12:2917–26. Engineering (CMCE), 2010.

[10] A. parsapoor, M. Ataei, A. Kiyoumarsi, " Adaptive Control of the Electric Arc Furnace Electrodes Using Lyapunov Design", International Conference on Control, Automation and Systems ,17-20, October 2007.

[11] G. C. Montanari, M. Loggini, A. Cavallini, L. pitti, D. Zaninelli, "Arc-Furnaces Model for the Study of Flicker Compensation in Electrical Networks", IEEE Trans. Power Del.,Vol.9, No.4, October 1994.

[12] X. Guan, C. Chen, H. Peng, Z. Fan, "Time –Delayed feedback Control of Time-Delay Chaotic Systems", Bifurcation and chaos, Journal,Vol. 13, No.1, pp.193-205,2003.

[13] M. Sun, L.Tian, J. Xu, "Time- delay FeedbackControl of the Energy Resource Chaotic

System", Nonlinear Science, Journal, Vol. 1, No. 3, pp. 172-177, March 2006.

[14] حقیقت دار، ف.، عطایی م" .کنترل تطبیقی سیستم آشوبی همسان 9387.، - 62لرنز -لو – چن"، کنترل، جلد 2، شماره9 ، صفحه56

[15]دکترحسن خلیل، مترجم دکتر غلامعلی منتظر،سیستم های غیرخطی،،ویراست دوم، جلددوم، تهران،مرکز انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰

[16] Hu J, Chen S, Chen L. Adaptive control for anti-synchronization of Chua's chaotic system. Phys Lett A 2005;339:455–60.

[17] Park Ju H. Synchronization of Genesio chaotic system via backstepping approach. Chaos Soliton Fract 2006;27:1369–75.

[18]. Chua, L. O., Yang, T., Zhong, G. Q., and Wu, C. W., "Adaptive synchronization of Chua's Oscillators,"

[19]. John, J. K. and Amritkar, R. E., "Synchronization by feedback and adaptive control," International Journal

[20] Ricardo Femat and Gualberto Solı´s-Perales " Synchronization of chaotic systems with different order", Vol 65, 036226 published 5 March 2002

[21] Ju H. Park, "Chaos synchronization of a chaotic system via nonlinear control", Chaos,

Solitons and Fractals 25 (2005) 579–584.

[22] Mosekilde E , Mastrenko Y, Postnov D. Chaotic synchronization. Application for living systems. Singapore: World Scientific; 2002.