

**Самоорганизация – мифы  
и реальность;  
ВОЗМОЖНОСТЬ  
моделирования**

# Вопросы для обсуждения

- Феноменология самоорганизации в функционировании интеллекта и его эволюционном возникновении.
- Что такое самоорганизация? Существует ли приемлемое определение?
- Достаточно ли «порядка из хаоса» для самоорганизации? Природа хаоса. Физичность понятия информации.
- Нелинейные динамические системы: может ли быть самоорганизация в системе с детерминированным фазовым портретом?
- Математическое описание и моделирование самоорганизации на примерах систем нелинейных дифференциальных уравнений, искусственных нейронных сетей, клеточных автоматов, эволюционных «стаканов»...
- Чего не хватает современным теориям самоорганизации?

# История

Термодинамика

Биология

Кибернетика

Химия

Экономика

Клеточные  
автоматы

Нелинейная  
динамика

ИНС

Синергетика

Теория  
эволюционн  
ого катализа

Теория  
катастроф

Мульти-  
агентные  
системы

...

# Классика

- Ashby W. Ross (1947). "Principles of the Self-Organizing Dynamic System". *Journal of General Psychology* 37: 125–128.
- А.П. Руденко. Саморазвивающиеся каталитические системы. ДАН СССР. 1964. Т. 159. с. 1374–1377.
- И. Пригожин. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: Издательство ИЛ. 1960.
- Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1986.- 432 с.
- Хакен Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. Пер. с англ. М.: Мир, 1985. - 424 с.
- С.П. Курдюмов. Г.Г. Малинецкий. Синергетика — теория самоорганизации. (Идеи, методы, перспективы). М.: Знание. 1983.
- Арнольд В.И. Теория катастроф. - М., 1990. - 128 с.

# Типичные примеры самоорганизации

- Конвективные ячейки Бенара;
- Реакция Белоусова-Жаботинского;
- Лазер;
- Спиральная структура галактик;
- (контрпример) кристаллизация
- Стаи птиц
- ...

# Определение самоорганизации

The ancient atomists (among others) believed that a designing intelligence was unnecessary, arguing that given enough time and space and matter, organization was ultimately inevitable, although there would be no preferred tendency for this to happen. What Descartes introduced was the idea that the ordinary laws of nature *tend* to produce organization

Хакен: Самоорганизация — процесс упорядочения (пространственного, временного или пространственно-временного) в открытой системе, за счёт согласованного взаимодействия множества элементов её составляющих

# Два вопроса:

- Какова физическая природа самоорганизации?
- Как описать математически?

=>

- Термодинамика открытых диссипативных систем
- Математический аппарат систем нелинейных уравнений

# Аттрактор Лоренца

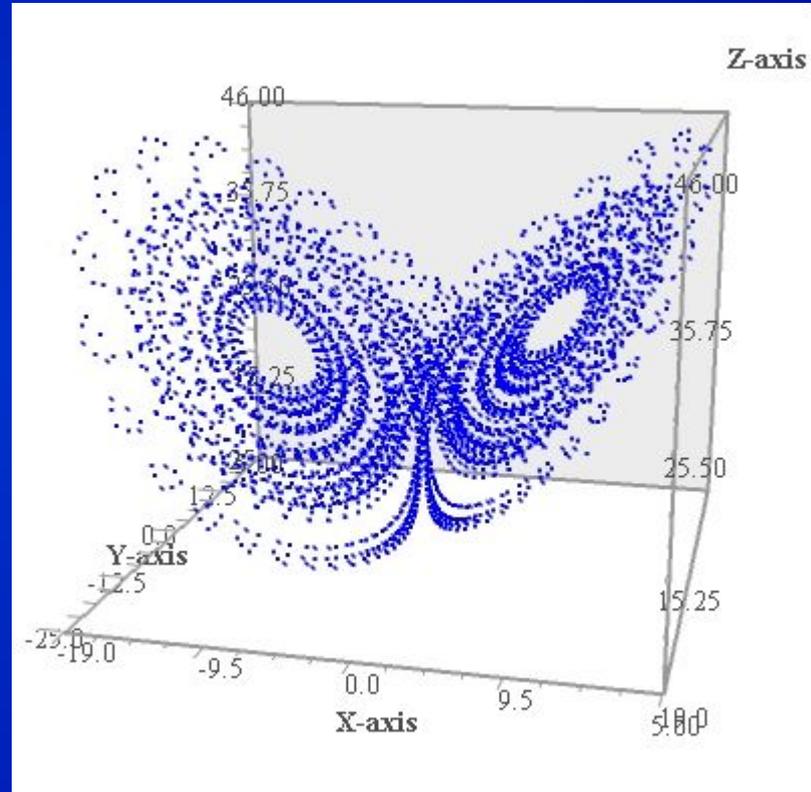
$$x' = \sigma(y - x)$$

$$y' = x(r - z) - y$$

$$z' = xy - bz$$

Приближенное описание

- \* регулярного режима конвекции (ячеек Бенара);
- \* одномодового лазера;
- \* диссипативного осциллятора с инерционной нелинейностью.



# Мнение о физичности моделей СО

Руденко А.П.

Среди таких общих для процессов самоорганизации и организации особенностей сложных явлений можно назвать:

- динамизм и связь с открытыми системами;
- нелинейность математических уравнений, описывающих процесс;
- иерархическая сложность явлений;
- фрактальность и самоподобие структур;
- образование аттракторов и странных аттракторов и т. д.

При попытках определять современную синергетику по указанным признакам, как «нелинейную динамику», «нелинейный мир», «иерархическую сложность» и пр., по существу происходит утрата специфики физического смысла самоорганизации, так как такая «синергетика» перестает различать самоорганизацию и организацию и видит лишь совместное проявление этих процессов в сложном явлении в виде указанных общих признаков. Это также вредит строгости науки о самоорганизации как и подмена названия изучаемого явления самоорганизации названием изучающей его науки «синергетики». И то и другое приводит к утрате специфики предмета науки о самоорганизации и уводит от решения главной задачи этой науки — изучения природы, физической сущности и механизма явления самоорганизации...

# Теория эволюционного катализа

Руденко А.П.

Главным условием самоорганизации, согласно подходу Пригожина, принимается необратимость, причиной считается диссипация, а движущей силой — отрицательная энтропия, поглощаемая открытой системой из окружающей среды при обмене веществ. В подходе эволюционного катализа главным условием самоорганизации принимается неравновесность, причиной — полезная работа против равновесия, а движущей силой — часть свободной энергии обменного процесса, используемая на внутреннюю полезную работу при максимальном рассеянии свободной энергии обменного процесса.

Теория показывает, что в ходе прогрессивной эволюции происходит саморазвитие самоорганизации систем с постоянным ростом коэффициента полезного использования энергии обменного процесса на самоорганизацию и понижением степени необратимости обменного процесса до нуля

Эволюционный катализ различает два типа самоорганизации для индивидуальных элементарных открытых каталитических систем (ЭОКС) и их множеств (М–ЭОКС), имеющих одну и ту же физическую сущность, но различающихся по имманентным свойствам и морфологическим особенностям самоорганизованных объектов. => Континуальная (видовая) самоорганизация микроскопических ЭОКС. Когерентная (коллективная) самоорганизация макроскопических множеств ЭОКС.

Континуальная самоорганизация ЭОКС изменяется при каждом эволюционном изменении системы, причем каждый такой акт является также процессом самоорганизации.

Прогрессивную же химическую эволюцию теория описывает как саморазвитие континуальной самоорганизации индивидуальных ЭОКС в ходе естественного отбора наиболее прогрессивных качеств.

# Какова же физика СО? Мнение...

Руденко А.П.

В химии существуют два типа легко превращающихся друг в друга элементарных объектов разной физической природы. Объекты с равновесной организацией (стабильные молекулы, комплексы, полимеры, кристаллы), получающиеся в результате энтропийных процессов организации и объекта с неравновесной структурной организацией (неравновесные полимолекулярные химические системы — ЭХС, ЭОКС), получающиеся в результате антиэнтропийных процессов самоорганизации. Объекты первого типа при их образовании подчиняются энтропийному принципу организации...

Объекты второго типа при их образовании подчиняются антиэнтропийному принципу самоорганизации, соответствующему принципу максимальной внутренней полезной работы против равновесия при максимальном рассеянии свободной энергии обменного процесса открытой системы...

В эволюционном катализе на примере ЭОКС по существу впервые было доказано энергетически связанное существование двух типов структурной организации вещества, подчиняющихся разным физическим принципам: энтропийному и антиэнтропийному и узаконены естественные антиэнтропийные процессы.

Таким образом развитие работ в области эволюционного катализа внесло вклад не только в понимание физической сущности явления самоорганизации и его отличия от альтернативного явления организации, но также и в утверждении новой парадигмы естествознания, узаконивающей антиэнтропийный принцип наряду с энтропийным и дуалистичность мира объектов с равновесной и неравновесной структурной организацией веществ, образующихся в пассивном и активном направлениях упорядочения хаоса.

# Описывается ли СО математически?

Руденко А.П.

К сожалению, те неясности и неразбериха, которые возникли в современной синергетике, связанные с применением общих характеристик сложных систем для характеристики частного явления самоорганизации произошли не от недостатков теоретического уровня, а наоборот, в связи с особенностями самого высокого теоретического уровня, свойственного нашим математическим школам синергетики. Ибо именно разработанные математические модели нелинейной динамики не различают физической сути процессов и выдают лишь совокупность общих их характеристик (динамичность, нелинейность). Виноват здесь сам математический метод, который дает общее описание явления и не может вскрыть суть процессов (само)организации, если ее не вложить в модели заранее.

Мифологизация современной синергетики и ее теоретический тупик, который Г.Г. Малинецкий принимает за конец синергетики, произошли не потому, что гуманитарии и философы, не искушенные в физике, давали все более расширительные и неопределенные толкования синергетики, а потому, что естественники, слишком хорошо искушённые в математике, создали убедительные математические модели сложных явлений, описывающие их некоторые общие свойства, но не чувствительные к различению процессов самоорганизации и организации. Этот недостаток, свойственный самой математике, как языку описания, а не ученым, его использующим, сами они даже и не заметили, но поспешили утвердить неоднозначное толкование синергетики, основанное на общих свойствах (например, нелинейная динамика), что привело к утрате истинного предмета этой науки, к утрате понимания физической сущности самоорганизации и стремления ее изучить.

# Самоорганизация в ИИ

- Очень часто говорится о самоорганизации в клеточных автоматах; но есть ли она там?
  - Случайным образом возникают только простые конфигурации.
  - Никакого развития их нет.
  - Будет ли то же самое наблюдаться на больших полях?



- Эволюционные стаканы; проблема:
  - Либо достигается метасистемный переход на 1 уровень по сравнению с заложенным;
  - Либо вводятся ограниченные правила оптимизации.

# Искусственные нейронные сети как нелинейные динамические системы

- Рекуррентные ИНС

- Традиционное рассмотрение: вычисление матрицы весов, обеспечивающей релаксацию к стационарному состоянию (ассоциативная память, оптимизационные сети Хопфилда, самоорганизующиеся карты Кохонена и т.д.); отсутствие сходимости – нежелательный фактор.
- Современное рассмотрение: сеть как нелинейная динамическая система со сложным фазовым портретом; устойчивые фокус – простейший и наиболее скучный случай; интерес для динамики: предельные циклы, странные аттракторы.  
... но в чем самоорганизация?

- Самоорганизация ИНС в смысле Емельянова-Ярославского и Шамиса