



Серия «Синергетика: От прошлого к будущему» № 24

ПУТЬ В СИНЕРГЕТИКУ:

Экскурс в десяти лекциях

Б. П. Безручко, А. А. Короновский, Д. И. Трубецков, А. Е. Храмов

© Издательская группа URSS, 2014

© Коллектив авторов, 2005, 2014

© ЛЕНАНД, 2014

М.: ЛЕНАНД, 2015. 304 с.

ISBN 978-5-9710-1245-0

Книга посвящена одному из наиболее перспективных междисциплинарных подходов – теории самоорганизации, или синергетике. Известный физик и замечательный писатель Чарльз Сноу в середине XX века сетовал на опасную пропасть в науке, которая пролегла между естественно-научной и гуманитарной культурами. Одна из целей синергетики – перебросить мост через эту пропасть.

Понятия, идеи, концепции синергетики сейчас все шире используются в экономике и социологии, в политике и бизнесе, в психологии и государственном управлении, оказывая тем самым влияние на наше мировоззрение. Книга знакомит всех интересующихся и, прежде всего, представителей гуманитарного знания с естественно-научными корнями синергетики, с развитием и приложением этих идей в науках о человеке и обществе.

В основу книги положены курсы лекций, которые читались на социально-гуманитарном, философском, биологическом, геологическом факультетах и факультете компьютерных наук и информационных технологий Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Опыт авторов показывает, что материал книги успешно и с интересом осваивается и школьниками. Представленные лекции во многом соответствуют программе курса «Синергетика: Новое мировидение» для 11-го класса общеобразовательных школ, гимназий и лицеев, рекомендованного Министерством образования РФ. Поэтому круг читателей этой книги может быть достаточно широк.

Содержание

От редакции

Предисловие. Шпаргалка по проектированию будущего. *С. Миров*

Предисловие. Через тернии к звездам. *Г. Малинецкий*

Введение

Лекция первая

Что такое «синергетика»?

Смысл вложенный в Смысл, вложенный в название. Дата «крещения» синергетики как самостоятельного научного направления. Трудности признания синергетики. Дифференциация науки и синергетика. Как строится здание синергетики: фундамент (теория колебаний и волн, теория автоволн, теория бифуркаций и катастроф, теория

динамического хаоса, термодинамика открытых систем...), каркас (математика), инструменты (вычислительная техника, эксперименты, обобщения). Обстановка вокруг синергетики

Контрольные вопросы к первой лекции

Лекция вторая

Моделирование – универсальный инструмент синергетики (или что общего у груза на пружинке с зайцами и лисами)

Понятие модели и моделирования. Познавательная роль моделей. Какие бывают модели и как они рождаются. Особая роль математических моделей и чем это объясняется. Одинаковые модели явлений и процессов – общее, что находит синергетика в системах различной природы

• Понятие модели • Познавательная роль моделей • Какие бывают модели и как они рождаются • Особая роль математических моделей • В чем причина исключительной эффективности математики? • Что общего находит синергетика в системах различной природы?

Контрольные вопросы ко второй лекции

Лекция третья

Математические понятия, без которых не обойтись

Почему в нашем курсе много физики и математики. Характерные масштабы и масштабы наблюдения (масштабы процессов в физических и социальных системах; почему для изучения синергетики удобна физика). Численные значения характеризующих систему величин. Переменные и параметры. Функция; табличное, графическое и аналитическое представление. Динамический и статистический подходы к описанию объектов и явлений (детерминизм, случайность, непредсказуемость). Линейность и нелинейность. Линейность и нелинейность функций и уравнений. Принцип суперпозиции. Линии, поверхность, фрактал. Примеры фракталов. Фрактальная размерность

• Почему в нашем курсе много физики и математики? • Численные значения характеризующих систему величин • Переменные и параметры • Динамический и статистический подходы к описанию объектов и явлений • Линейность и нелинейность • Фракталы

Контрольные вопросы к третьей лекции

Лекция четвертая

Динамическая система

Динамическая система; задайте состояние и укажите оператор эволюции. Фазовая плоскость, фазовое пространство, изображающая точка, фазовая траектория. Динамические системы с дискретным временем: отображения, диаграмма Ламерея. Динамические системы с непрерывным временем: производная и скорость, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных. Динамические системы со сосредоточенными и распределенными параметрами

• Что такое «динамическая система» • Динамические системы с дискретным временем • Динамические системы с непрерывным временем • Распределенные системы

Контрольные вопросы к четвертой лекции

Лекция пятая

Колебания

Основные понятия и определения. Колебания маятника. Модель гармонического осциллятора и модель линейного осциллятора с затуханием. Основные характеристики колебаний (частота, период, амплитуда). Явление резонанса. Нелинейные колебания. Фазовая плоскость, фазовая траектория, аттракторы, репеллеры, фазовый портрет. Автоколебания: основные понятия, примеры автоколебательных систем различной природы. Хаотические автоколебания. Колебания в экономике и истории. Колебания климата на Земле. Колебания в химических, биологических и геофизических системах

- Основные понятия и определения теории колебаний
- Линейные колебания и их свойства
- Явление резонанса
- Нелинейные колебания
- Представление колебаний в фазовом пространстве
- Автоколебания и их свойства
- Примеры колебаний

Контрольные вопросы к пятой лекции

Лекция шестая

Волны

Что такое волна. Различные определения волны. Свойства волновых движений (перенос энергии, наличие импульса, образ и скорость волны, дисперсия). Волны на воде. Нелинейные волны. Простые и ударные волны. Уединенные волны (солитоны)

- Что такое волна?
- Свойства волн
- Волны на воде
- Нелинейные волны
- Ударные волны
- Уединенные волны (солитоны)

Контрольные вопросы к шестой лекции

Лекция седьмая

Примеры процессов самоорганизации в различных системах

Понятие структуры и паттерна. Свободные, вынужденные структуры. Автопаттерны. Статические структуры Тьюринга. Неустойчивость Тейлора. Ячейки Бенара. Рябь Фарадея. Вихри за движущимся объектом. Процессы самоорганизации в человеческом обществе

- Структуры Тьюринга
- Вихри Тейлора в течении Куэтта
- Ячейки Бенара
- Рябь Фарадея
- Вихри за движущимся объектом
- Процессы самоорганизации в человеческом обществе

Контрольные вопросы к седьмой лекции

Лекция восьмая

Бифуркации

Основные определения. Состояния равновесия. Устойчивость и неустойчивость. Мультистабильность. Что может происходить в динамической системе при малых изменениях управляющих параметров. Влияние малых флуктуаций в окрестности точки бифуркации

Контрольные вопросы к восьмой лекции

Лекция девятая

Клеточные автоматы

Клеточные автоматы. Игра «Жизнь» как простейшая модель для описания процессов структурообразования. Основные правила игры «Жизнь». Некоторые основные конфигурации игры «Жизнь». Искусственная жизнь (Artificial Life). Клеточные автоматы и моделирование динамики биологических популяций

- Что такое «клеточный автомат»?
- Искусственная жизнь
- Клеточные автоматы и моделирование динамики биологических популяций

Контрольные вопросы к девятой лекции

Лекция десятая

Динамический хаос

Как возникает случайность в динамической системе. Неустойчивость фазовых траекторий динамических систем и динамический хаос. Сценарии перехода к хаосу. Универсальность перехода к хаосу по Фейгенбауму. Развитая вихревая турбулентность: спектр Колмогорова–Обухова. Уравнение вязкой жидкости (уравнение Навье–Стокса) и одномерное отображение: опять сценарий Фейгенбаума? Переход к хаосу через перемежаемость и разрушение квазипериодических колебаний

- Как возникает случайность в динамической системе?
- Сценарии перехода к хаосу
- Другие сценарии возникновения хаоса: перемежаемость и разрушение квазипериодических колебаний

Контрольные вопросы к десятой лекции

Приложение А

Вступительное слово на конференции «Нелинейная динамика открытых систем в гуманитарных и общественных науках»

Приложение Б

Список рефератов по курсу «Синергетика»

Приложение В

Библиография избранных статей в журнале «Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика», посвященных приложению методов синергетики в гуманитарных, экономических, биологических и других нефизических науках

Основная рекомендуемая литература

Предисловие

Через тернии к звездам

Мы живем в эпоху больших перемен. В мировой динамике, в технологиях в восприятии мира. Реальность быстро и необратимо меняется на наших глазах, Возможностей, которые открываются сейчас, не было в прошлом и, видимо, никогда не представится в будущем.

На что же можно опираться в эпоху перемен? Авторам этой книги, представляющим Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, нам в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН и многим нашим коллегам очевидно, что опираться следует, прежде всего, на подходы, сработавшие раньше. Сработавшие при разработке и реализации крупных научно-технических проектов, выработке стратегий. На прикладную математику, компьютерные модели, алгоритмы прогноза и мониторинга, на научное мировоззрение.

Однако этого недостаточно. Строя и исследуя модели, мы должны упрощать реальность, отбрасывая одни факторы и процессы и сосредотачиваясь на других. На каких, нельзя сказать, не привлекая профессионалов в различных областях. Поэтому особенно важными становятся междисциплинарные подходы. Они позволяют разным специалистам – математикам и медикам, физикам и биологам, психологам и системным аналитикам – говорить на одном языке. Они помогают увидеть единство в разнообразии, ввести и в науку, и в общественное сознание несколько очень важных представлений, меняющих отношение к миру. Зачастую они помогают переходить от анализа к синтезу, решать проблему целостно и системно, не утопая в частностях.

Одним из наиболее глубоких и перспективных подходов, развивающихся в последнее десятилетие, представляется теория самоорганизации или синергетика. Эта замечательная книга, которую вы держите в руках, помогает начать знакомство с этим захватывающим предметом. Ее ценность, необычность, оригинальность заключается в том, что она доступна и школьникам, и студентам-гуманитариям, и всем, кто интересуется синергетикой. Чтобы начать путь, хватит знаний, не выходящих за пределы школьной программы. Удивительно, что 10 лекций позволяют обсудить так много. Прекрасно, что по небольшому пути, предлагаемому авторами, можно забраться на вершину, с которой видно так далеко.

*Председатель редколлегии Серии «Синергетика:
от прошлого к будущему» Г.Г. Малинецкий*