



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА
ТЕЛЕМАТИКА

Методы исследовательской работы

От программного автомата к самоорганизующейся вычислительной системе (занятие 9)

31 марта
2022 г.

Что обсуждали на прошлой лекции

Процесс приобретения знаний направляет эволюцию социума – структурированного множества интеллектуальных субъектов. Эволюция неживой природы – множества физических объектов «управляется» законами термодинамики. Фундаментальный вопрос - как связаны между собой эти процессы?

Аспекты взаимодействия между этими процессами, а именно между **разумом и неживой природой** м. б. сформулированы так:

- почему термодинамическая, космологическая и психологическое (интеллектуальное) направления стрелы времени совпадают?
 - термодинамическая стрела времени указывает направление нарастания энтропии, дезорганизации и беспорядка
 - космологическая стрела времени указывает направление расширения Вселенной из прошлого в будущее
 - Психологическая стрела времени показывает субъективное восприятие мира, в котором прошлое помним, а будущее – неведом
- Если есть направление, у стрелы времени, то время это вектор ? Какова размерность вектора ?
- Почему в отличие от направлений **в пространстве**, которые между собой **равноправны**, у Природы есть **предпочтительное направление во времени**. ?
- Почему организация и поддержание порядка (минимизация энтропии) требует затрат энергии, организация беспорядка – энергетически «бесплатно» ?

Приоритетные направления развития компьютерных наук: понять как энтропийные процессы влияют на эволюцию сложных систем, как они проявляются в форме феномена стохастического резонанса, самоорганизации хаоса, точности и производительность компьютеров, скорости и точности процессов машинного обучения.

Парадоксы **стрелы времени**:

- все фундаментальные уравнения физики обратимы (симметричны) во времени, но в самой природе существует только одно выделенное направление из прошлого в будущее в сторону не убывания энтропии. В результате будущее **всего и всегда** отлично от настоящего и прошлого.
- следствия второго закона термодинамики - энтропия, то есть мера хаоса и беспорядка, со временем не убывает. Следуя логике, чем дальше в прошлое – тем меньше энтропия, меньше хаос и беспорядок - максимумом негативной энтропии (негэнтропии). То есть в **«начале начал»** энтропия д. б. минимальной, но на самом деле, с точки зрения науки, всё происходит с **точностью до наоборот**.

Вероятность случайного возникновения существующего про-жизненного, про-человеческого устройства мира стремится к нулю, но тем не менее мир приспособленный для жизни и существования человека, **существует**.

“Cogito, ergo sum”.

Р. Декарт

М.б. Природа – как раз и есть результат некой целенаправленной мыслительной работы, которая была произведена при рождении Вселенной. Из законов термодинамики следует, что в начальном состоянии Вселенная имела состояние минимума энтропии... но на самом то деле энтропия Вселенной в начальный момент была максимальна (феномен реликтового космического излучения)...

Высокоорганизованная формы материи, такая как органическая жизнь, категорически противоречит как

- термодинамической стреле времени,
так и
- второму закону термодинамики.

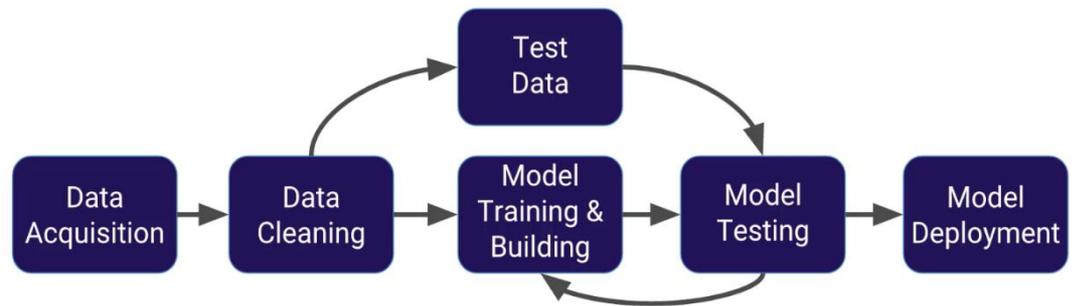
Более того вероятность случайного синтеза биоклетки, с которой и начинается органическая жизнь, можно сравнить с вероятностью сборки «Боинга» 747 ураганом, пронёсшимся над свалкой отжившего свой век **авиационного хлама**. Вероятность неопределенности компенсируется

Что такое Процесс обучения (преподавания)

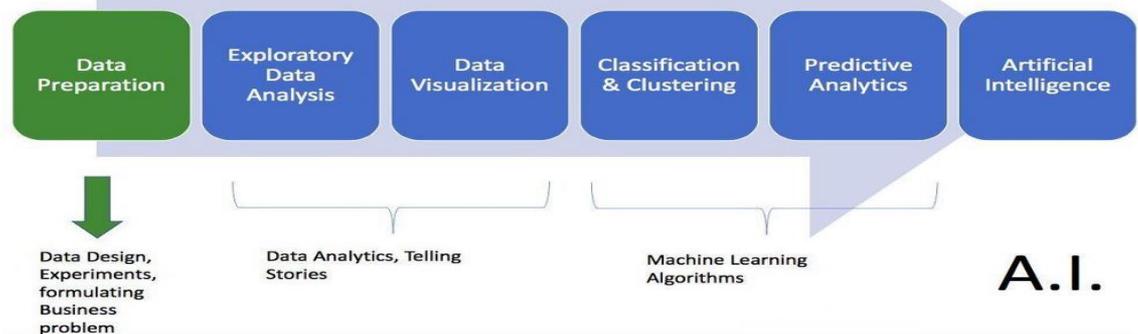
Процесс обучения играет центральную роль в приобретении, сохранении и управлении (приобретения, поддержания и управления) знаниями, как теоретическими, так и практическими



Machine Learning Process



Data Analytics Process



Вопрос: Обучение – это феномен (энергия) или математическая система (аксиоматика) ?

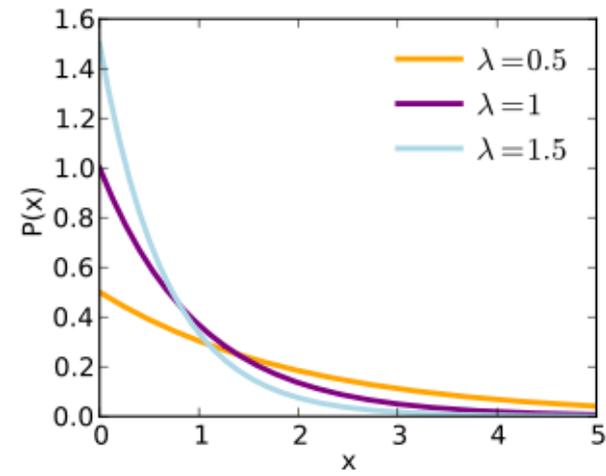
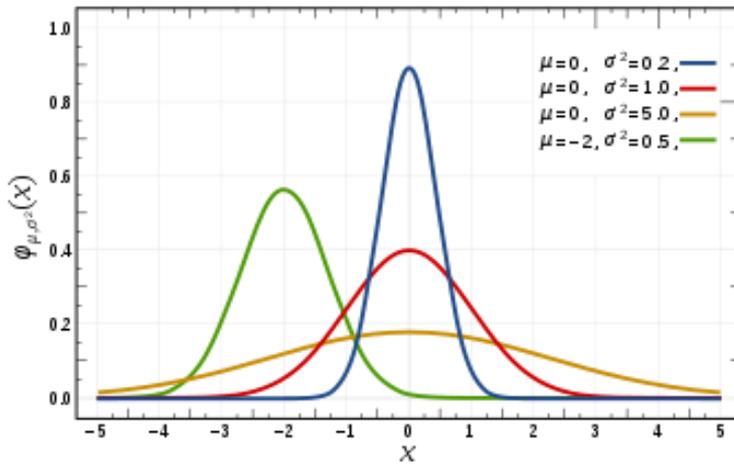
Natural calculation



язык системы
неопределим в самой системе
А. Тарский

Пример: Слабых землетрясений бывает больше, чем мощных. Нет принципиальных ограничений на саму мощность землетрясения. Всегда возможны землетрясения любой мощности. Точный расчет потенциальной возможности – суть прогноз, основан на языке вероятности.

Если бы распределение вероятностей имело вид $\exp(-X/X_0)$, $\lambda = 1/X_0$, то при энергии X_0 существовало бы четко определенное ограничение, так что вероятность землетрясения размером E , намного превышающим X_0 , экспоненциально мала.



От вычисления числа к вычислению операций: ФОРМАЛИЗМ, АКСИОМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД или ТОПОЛОГИЯ

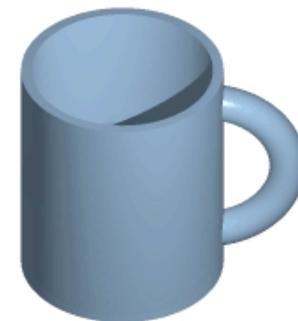
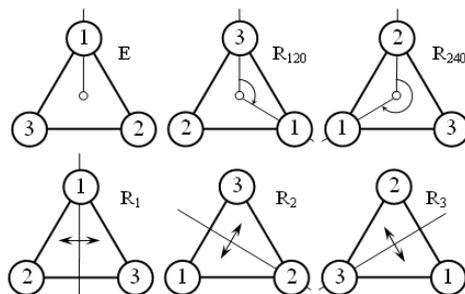
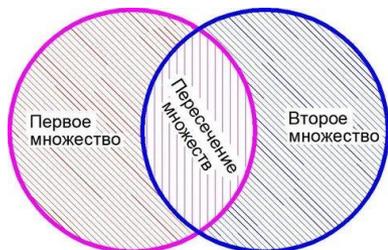
8

Каждая **математическая теория** является цепочкой высказываний, которые выводятся друг из друга согласно правилам логики.

Но логика это лишь внешняя или формальная форма высказывания или язык, присущий математике.

Но где находятся **основания математики** и используемого в ней формализма ?

Физика исходит из постоянства законов Природы, причина за которой скрывается «единство законов математики» заключается в используемой **аксиоматике операций** в теории множеств, теории групп и топологии.



Мышление : природный феномен или математическая система

Мышление – это природный феномен (процесс) **взаимодействия** мыслящего субъекта с познаваемым объектом.

Результатом мышления являются выявление отношений между познаваемыми объектами

Математическое мышление является составной частью мышления вообще и направлено на выявление формальных (выражаемых с помощью символов) отношений между абстрактными понятиями и объектами природы.....

Точка зрения компьютерных наук:

Если считать, что мышление объективный процесс, то в основе его должны лежать некоторые объективные законы, которые в силу их объективности, универсальны и познаваемы!!! но для того, чтобы познать эти законы, пока не хватает научных знаний.

Отношение «действие – алгоритм» основа современных компьютерных наук

Поиск «фундаментальной аксиоматики» процессов мышления

Основной операцией, которая формирует **мышление** – распознавание объектов. Какие аксиоматики нужны, чтобы физико-химическая система в виде сочетания вещества, структуры и энергии приобрела способность к распознаванию в границах, необходимых для мышления ?

Надо учесть, что **процессы мышления** не «задерживаются» на уровне энергетических и вещественных сигналов.

Процесс **распознавания** представляет собой универсальную функцию материи, которая выражает различные формы взаимодействия:

- физические (исчезает при отсутствии **энергии**, функция состояния называется термодинамическая энтропия, $f(x)=0$, ядро гомоморфизма, ...)
- информационные (исчезает при отсутствии **сообщений** или высоком уровне помех, выражаемых через информационную энтропию)
- интеллектуальные (исчезает при отсутствии **сознания**, имеет символическую форму и **целевую направленность** которая характеризуется энтропией тезауруса)

Итак, в операции **«фундаментальной аксиоматики»** надо **включит «операцию достижения цели» и «управление».**

• В чем разница в задачах вычислений и управления

Цель вычисления состоит в том, чтобы дать ответ "да" / "нет" на четко **определенную задачу**, заданную двоичной входной строкой, которая полностью известна в начале вычисления.

- Целью процесса управления является генерация непрерывного потока сигналов, которые предоставляются в качестве входных данных для некоторой формы исполнительного механизма. Сигналы, как правило, являются функцией некоторого сенсорного ввода.
- Управление обычно включает в себя некоторую форму вычислений (и отдельные компьютеры)

Примечание: Большинство процессов управления сводятся к множеству коротких вычислений. Первичны программы, а не аппаратные компоненты

Вопрос: есть ли у стати птиц (вычисляемая) траектория ?



Концепция управления отличается от концепции вычисления:

1. Управление - входные данные не полностью известны в начале процесса.
2. Вычисление - считается успешным, когда оно достигает состояния остановки. Не существует формального алгоритма вычисления «останова» МТ
3. Соотношение "Выход-вход":
 - Вычисление: в машине Тьюринга выходные данные не влияют на входные данные.
 - Управление: Выходные данные в момент времени t могут (должны) влиять на входные данные, которые будут собраны позже.

Все современные компьютеры - это машины Тьюринга: программы (в принципе) полностью переносимы между двумя различными реализациями машины Тьюринга.

Физика реализации ТМ не имеет значения для результата (возможно, для скорости, но не для результата как такового).

Если кто-то хочет решить проблему, связанную с физикой, программа должна обеспечить все необходимые законы физики, но физика “вычислительной машины” не должна вмешиваться.

Парадокс:

Чтобы ускорить вычисления надо избавиться от чисел..

Чтобы упростить вычислители, надо избавиться от алгоритмов

Абстракция машины Тьюринга: Вычисления как абстрактный процесс максимально не зависят от физического характера самого вычислительного устройства.

- естественные вычисления основаны на том, что такая независимость не является энергетически "бесплатной".
- при обычных вычислениях выделенное аппаратное обеспечение ускоряет вычисления, но ценой потери переносимости и масштабируемости

Новая задача: создание самоорганизующейся реконфигурируемой платформы топологических вычислений

16

Вычислительная платформа нового поколения

- Не нуждается в операционной системе и прикладном программном обеспечении в обычном смысле
- Вычисления непосредственно реализуются в аппаратном обеспечении и управляются взаимодействием между всеми компонентами.
- Организация вычислений позволяет **представить алгоритмы в виде цепных комплексов абелевых групп операций, которые являются гомотопическими инвариантами пространства состояний моделируемого объекта.**
- Использует топологические принципы организации вычислений, представляя алгоритмы как цепные комплексы абелевых групп операций, которые являются гомотопическими инвариантами пространства состояний моделируемого объекта.

Например: решения проблем, которые связаны с конкретной графической структурой данных.