



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

Введение в профессиональную деятельность

Лекция 1

**Понимание или ... компьютерное
моделирование
(часть 2)**

13 февраля 2018 г.

Что было на прошлой лекции:

- Информация как объект реальности имеет атрибутивный и функциональный аспекты.
- Т.к. **реальность** состоит из «совокупности различных вещей и процессов», то именно эти различия человек воспринимает как «информацию-атрибут».
- Информация имеет функциональный аспект, для чего необходимо существование «интеллектуального субъекта», который способен **ментально**, т.е. через понятия, воспринять различия, которые доступны наблюдениям:
 - Прото-информация (реликтовое космическое излучение , которое несет данные о «большом взрыве»....)
 - Квантовая информация (**представления**, свойства живой и неживой материи, ...)
 - Теоретические знания (**понятия**, законы, модели,)
 - Данные о событиях (биты, байты, коды, структуры....)
 -

Основы профессионализма

**Причину свойств силы тяготения
я до сих пор не мог вывести из
явлений, а гипотез же
я не измышляю.**

И. Ньютон. Математические
начала натуральной философии

- Профессионал всегда видит проблему и мыслит **системно**.
- **Системно** – это значит воспринимать окружающую действительность как целостную структуру, в которой равновесие достигается через «единство противоположностей». Другими словами:
 - так, «0» - это $(-1+1)$, а не «отсутствие чего либо»
 - а, если есть закон «всемирного тяготения», то должен быть закон «всемирного «отталкивания» ???!!!
- Профессионал должен обладать знанием об **«альтернативном взгляде»** на рассматриваемую проблему. В этом - суть системного мышления.

Основы профессионализма – законы сохранения нарушать нельзя

Мы называем истиной согласие предмета с нашими представлениями

Г. Гегель. Наука логики Т.1

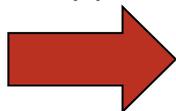
- Профессионал в области компьютерных наук (КН) должен отличать :
 1. КН - как учение (объект науки – информация, предмет науки – технологии проведения вычислений)
 2. КН - как метод мышления – рассмотрение предметов и процессов с позиций того, что они есть результат вычислений.
- Профессионал в области КН не допускает самообмана, т.к. понимает:
 1. какие законы «сохранения» формируют базис «компьютерных» науки
 2. что математика работает там, где воображение отказывает, но описывает только то, что физически «однородно и делимо»
 3. чтобы окружающая реальность стала объектом КН надо иметь «цифровые» модели, используя для их построения **«вычислимые» понятия**
 4. что понятия – это идеальный (субъективный) образ объекта реальности, а числа – средства для обозначения сущностных различий т.е. носители понятийной определенности

Итак

Так как счет есть... механическое занятие,
то оказалось возможным изобрести машины,
которые совершеннейшим образом
выполняют арифметические действия.
Для творческого духа усовершенствовать себя
до такой степени, чтобы стать машиной - пытка.
Г. Гегель. Наука логики. Т.1

Математизация реальности есть показатель приближения познания к «однородным» и простым элементам, законы движения которых допускают математическую обработку.

физическая модель



математическая модель



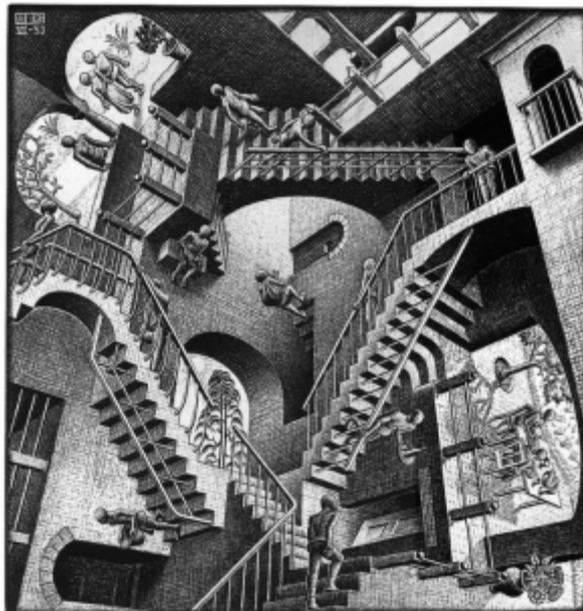
вычислительная модель



а информационная модель мира – совокупность понятий, входящих в тезаурус субъекта

Информационная модель

представляет **знания** субъекта о распределении энергии и вещества в том месте, где **субъект** находится.



Мера незнания – неопределенность модели или **энтропия**.



Что будем обсуждать на этой лекции

- **Какие** отношения существуют между понятиями и фактами (логика) и между представлениями и операциями (математика).
- Разница между «**математическими и логическими**» формулами. Что такое математика «больших данных»?
- Представление логико-математических структур с помощью физических и компьютерных моделей – в какой форме в этих структурах «находится» информация? В чем разница -
 - **знать факты и понимать процессы**
 - или
 - **измерять и чувствовать.**

Ментальное и физическое или субъективно и объективное: феномен супервентности - «код - физический процесс»

Супервентность (англ. Supervenience) — отношение детерминированности состояния любой системы состоянием другой системы. Набор свойств одной системы супервентен относительно набора свойств другой системы в том случае, если существование различия между двумя фактами в свойствах первой системы невозможно без существования такого же различия между двумя фактами в свойствах второй системы



Код физического
процесса



Интеллектуальный
субъект,
«понимающий» код



Инструмент
«расшифровки»
кода



физический
«процесс»

Супервентный характер феномена «музыка» очевиден.

Вопрос: Все ли физические процессы имеют «код» ?

Примеры супервентности: 1) **отсутствие различий в компьютерной программе** при отсутствии различий в аппаратной конфигурации компьютера; 2) **отсутствие различий в экономике** при отсутствии различий в поведении экономических агентов.

Проблема «арифметизации» знаний

9

С точки зрения информационного описания конкретного материального объекта или системы наблюдаемые «равновесные» состояния не различимы (в равновесном состоянии игнорируются микроскопические сущности, например, движение молекул и атомов, из которых состоит тело).



Гипотеза 1. Сущности, которые нельзя измерить, нельзя арифметизировать, т.е. знания о них не имеют **числовой меры**.

Гипотеза 2. Знания, которые можно арифметизировать, обладают свойством **аддитивности** (их можно складывать и накапливать).

Гипотеза 3. Если знания о состоянии системы удастся разбить на независимые фрагменты, которые можно арифметизировать, то числовая мера совокупного знания есть сумма числовых мер отдельных фрагментов.

- **Математика – цифровая (числовая) метафора свойств реальности.** В Природе действуют не только количественные, но другие математические закономерности, а это приводит к «не идеальности» наблюдаемых физических процессов и «отклонению» от строгих математических формул.
- Законы, которые непосредственно выражаются математическими формулами, применимы к объектам, которые имеют «идеальную» цифровую модель
- Такая модель формирует «двойственные» пары :

число - слово,
модель - дефиниция,
представления - ощущения

...

Информация как мера «неоднородности» сообщений:

Физическая информация - объективное свойство реальности, которое проявляется в неоднородности распределения материи (вещества и энергии) в пространстве, а также в неравномерности протекания динамических процессов в неживой природе, технических и биологических системах.

$$H = K \cdot \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

Формула Шеннона (1949 г.)

где H — среднее количество информации в системе с выбором сообщений, с вероятностями $(P_1, P_2 \dots P_n)$, K — константа, зависящая от единицы измерения

Информационные процессы в природе и их прототипы

Информационный процесс	Носитель информации	Электронный прототип
Получение, прием данных	Органы чувств	устройства ввода
Обработка данных	Нервные импульсы, мышление	процессор
Хранение данных	Генетический код, память, письменность	электронные накопители
Передача данных	жесты, сигналы, язык	устройства вывода, компьютерные сети

«Цифровая» модель реальности



Парадигма «информационно-вычислительного натурализма :
Вселенная – «квантовый автомат, вычисляющий» самого себя» -
результат вычислений – есть новое состояние Вселенной
Основной вопрос: как пишется «программа» работы такого
автомата-компьютера ?

Модели реальности: физического и информационного планов

«Модель мира» - это научная абстракция 5-ого порядка, следующая за такими абстракциями как:

- Понятие (сущность естественного языка,)
- Число (носитель количественной меры)
- Алгебра (структура и свойства операций)
- Топология и отношения порядка

Модели «Мира»:

- **физического плана** – локальные и замкнутые. Такие модели описывают реальность, в которой прошлое и будущее формально **«симметрично»**, действует принцип физической «относительности».
- **информационного плана** – глобальные и открытые. В них «стрела времени» физически необратима, поэтому **«прошлое» физически недостижимо**, действует принцип относительности по отношению к знаниям субъекта.

Вопрос , достижимо ли прошлое **«информационно»** ?

Модель реальности как модель знаний субъекта

Модель знаний и ... убеждений строится на базе **логики знаний**. **Исходным** понятием этой логики является понятие «**доказуемо**», которое следует законам:

- если высказывание доказуемо, оно истинно (доказать можно только истину, **доказательств лжи не существует**);
- логические следствия доказуемого также являются доказуемыми;
- логическое **противоречие недоказуемо** и т.п.
- если высказывание истинно, то неверно, что его отрицание также истинно («Если истинно, что Земля круглая, то неверно, что истинно, будто Земля плоская» и др.

В логике убеждений **исходное** понятие «**полагает**», через которое определяются понятия «сомневается» и «отвергает»:

- субъект отвергает нечто, если он «полагает» противоположное.
- нельзя одновременно «полагать» и сомневаться, или быть убежденным и отвергать и пр.

Истинность или доказанность услышанного,
произнесенного и вычисленного.

Ключевая идея логики знаний - истина «относительна» и
зависит от

- Авторитета того, чьи слова услышаны
- Убежденности в истинности того говорит
- Правильности формул, которые используются для вычисления

Закон «сохранения» информационных свойств реальности

Мир – сложная открытая система. Она открыта через **«черные дыры»**



Все «черные дыры» неотличимы друг от друга, но попавшая в «дыру» «информация» не исчезает. Информация «кодируется» с помощью квантовых корреляций, создавая **«информационный пепел»**, который благодаря «излучению» Хокинга снова рассеивается во Вселенной.

Информация Мира не теряется благодаря «унитарным» свойствам квантовых преобразований (сохранение прото-информации) .

Закон сохранения в форме «исключенного третьего»

Разница между математическими и логическими выражениями есть следствие логического закона: два противоречащих суждения об одном и том же **предмете**, взятом в одно и тоже время и в одном о том же отношении, не могут быть вместе истинными или ложными - **или а, или не-а** или **tertium non datur** (третьего не дано)

$$A \vee \bar{A} = 1$$

Логически осмысляя Мир, современная наука упрощает его, изучая единое целое по отдельным частям. Можно считать, «1» это цифровой код «всезнания», но применительно к «замкнутым» объектам реальности.

Модель «открытой физической реальности»:

Траектории «движения» открытых систем – аттракторы. Эти объекты, которые имеют структуру фракталов - геометрической фигуры, обладающей свойством самоподобия, т.е. составленную из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком.



$$\frac{1}{3} + \frac{2}{9} + \frac{4}{27} + \frac{8}{81} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2^n}{3^{n+1}} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{1 - \frac{2}{3}} \right) = 1.$$

Модель «открытой» био-информационной системы»:

- Человек, как субъект воспринимающий информацию, «входит» в физическую реальность как материальный объект живой природы.
- **Однако сознание** человека не является объектом, который подчиняется законом физики.
- Сознание как объективный феномен способно управлять процессам **изменения реальности (коэволюции)**, обрабатывая информацию и преобразуя ее в ментальные (инженерные) образы, которые затем воплощаются в объекты реальности

Структура реальности в концепции «трех миров» К. Поппера:

- **Физический мир** (мир физических объектов);
- **Ментальный мир** (мир сознания человека);
- **Мир идеальных объектов** (мир объективного знания о свойствах реальности).

Эти миры могут быть редуцированы друг к другу с использованием концепции «**кибер-физической реальности**» - оснащенного (операционного) пространства, в котором процессы изменения и развития непосредственно сводятся к передаче/обмену энергией и передаче/обмену сообщениями .

Связь миров в модели реальности К. Поппера:

- Физический мир (Мир-1) **порождает** Ментальный мир (Мир-2)
- Ментальный Мир **порождает** Мир идеальных объектов (Мир-3) (или мир продуктов сознания)

Мир-3 является **трансцендентным** (то есть находится вне физической реальности, являясь виртуальной цифровой сущностью), но обладает функциональной автономностью и **способен к саморазвитию за счет вычисления своих потенциально возможных состояний (!?).**

Развитие модели :

Концепция « кибер-физической реальности »:



Концепция «четырех миров»:

- ФР – физическая реальность (мир материальных объектов и систем);
- ИР-1 –идеальная реальность 1-го рода (мир понятий, которые нужны для объективного отражения физической реальности);
- ИР-2 –идеальная реальность 2-ого рода (мир формальных теорий и аксиоматизируемых знаний);
- **КФР – инженерная кибер-физическая реальность (реальность, порождения сознанием, законами физики и средствами передачи информации или мир объективного цифрового знания).**

Понятие «количество информации»:

Если информация - это некая характеристика неоднородности, то количество информации можно оценить количественно через меру неоднородности.

Формула Хартли (1928 г.): $I = \log_2 N$

где N число равновероятных состояний (сообщений)

Информация в системах организованной сложности:

Информация характеризует меру сложности систем, а количество информации, содержащейся в системах, служит мерой их функциональности и способности к адаптации

- Общим способом кодирования данных является их представление в виде энергетических уровней, различимых на величину ΔE . Число энергетических уровней $N = E/\Delta E$.
- Максимальное число физически разрешимых уровней для заданного количества энергии определяется неопределенности Гейзенберга. Согласно этого принципа величина уровня должна удовлетворять условию
 $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$, где Δt — длительность интервала наблюдения $h = 6,25 \cdot 10^{-27}$ эрг/с — постоянная Планка. Из этого следует: $N \geq E \cdot \Delta t / h$
- С учетом формулы $E = mc^2$ (где $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с — скорость света, m — количество массы), получим: $N = mc^2 \cdot \Delta t / h$, то есть измеритель массой 1 г за время 1 сек может обработать не более $N = 1,36 \cdot 10^{47}$ бит данных.

Вычисления как процесс преобразования информации

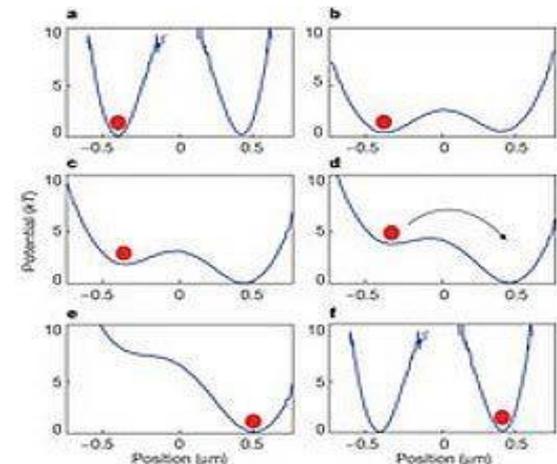
Принцип Ландауэра (1961) :

В любой вычислительной системе, независимо от ее физической реализации, **при потере 1 бита информации** выделяется теплота в количестве по крайней мере W Дж.:

$$W = k_B T \ln 2$$

где k_B — константа Больцмана, T — абсолютная температура вычислительной системы. То есть работа, необходимая для стирания бита, пропорциональна термодинамической энтропии системы.

Пример. Перемещение частицы из одной ямы в другую соответствовало изменению состояния такого бита: из-за того, что условная энтропия может быть отрицательной, работа при выполнении некоторых операций может оказываться меньше нуля. Как следствие, компьютер при работе будет не нагреваться, а охлаждаться.



Расширенное определение :

Итак:

Информация представляет собой всеобщее свойство окружающей природы, которое проявляется в том, что отдельные фрагменты физической реальности различным образом проявляют себя, порождая неоднородность пространства и неравномерность времени. Процесс изменения или преобразования информации – суть вычисления.

Заключение

- Парадигма **информационно-вычислительного натурализма** – основа профессиональной деятельности специалиста в области КН.
- Новая парадигма науки базируется на понимании фундаментальности феномена информации и способов ее преобразования с **помощью вычислений**.
- Эта парадигма расширяет существующие материально-энергетические представления о структуре реальности, формируя целостную картину окружающего Мира.