



Семинар по специальности на английском языке

ЛЕКЦИЯ 7 :RELATIVE MODAL LOGIC

20 октября 2022

WHAT WE HAVE DISCUSSED :PROBABILITY, TRUST , KNOWLEDGE

- how we can extract knowledge from the surrounding data ?

Conventional computers are **good at calculating**, but they are poor for some tasks that are easy for humans. Basic idea - uses **probability** as new measure of **trust** (confidence level) of surrounding data **extract** available **knowledge**.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)}$$

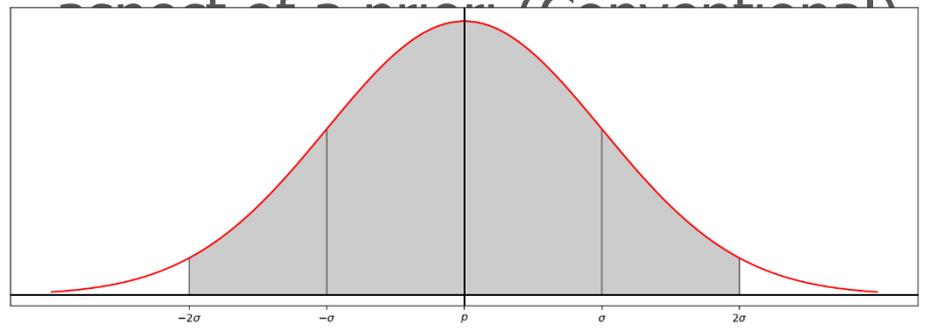
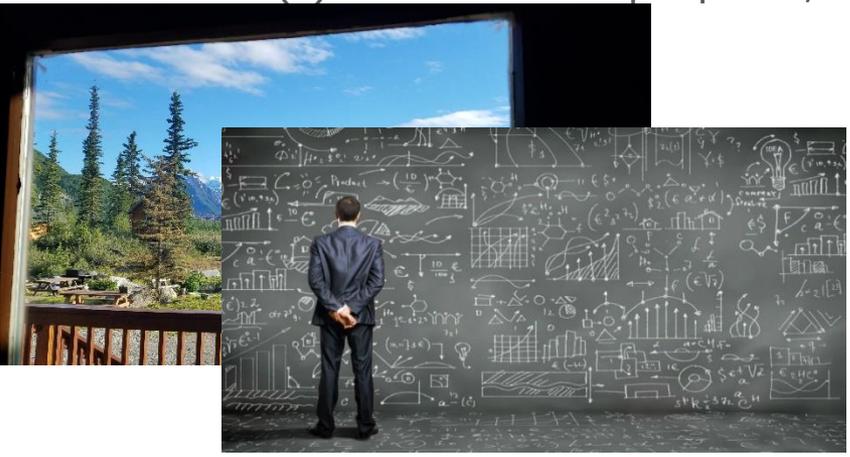
Левая часть уравнения — **апостериорная** (после опыта) оценка вероятности события А при условии наступления события В (т. н. условная вероятность).

$P(A)$ — вероятность события А (**априорная** оценка);

$P(B|A)$ — вероятность (условная), которую мы получаем из наших данных;

$P(B)$ — константа нормировки, которая ограничивает вероятность значением 1.

confidence level: fundamental aspect of a priori (Conventional)



INTRODUCTION

Modal logic is a collection of formal systems widely used to represent statements about **necessity** (необходимо) and **possibility** (возможно) .

Probability is the branch of mathematics concerning numerical descriptions of **how likely** (насколько вероятно) an event is to occur.

Main modal formula can be read as "if **P** is **necessary**, then **It** is also **possible**".

There are a range of different types of **modal logics**, all of which use a similar set of **logical axioms and rules that applied to** diverse range of topics: from **time** (temporal logic) to **ethics** (deontic logic), norms, and **knowledge** (epistemic logic).

Today we will discuss relational semantics (Kripke structure) and explain how it can be applied over several types of the modal logics.

операторы свойств: X – next time, U – Until, F – in the Future и
 Кванторы «пути» : E - Exist, A - Always

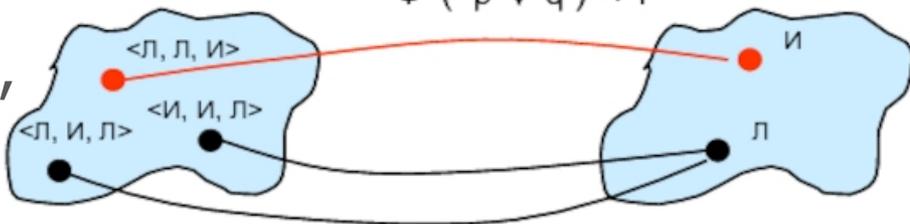
К – структуры Крипке или

Классическая и темпоральная логики

модель $M=(S, S_0, R, L)$
 базис:
 EX, AF, EU

Логика высказываний

$$\Phi = (\neg p \vee q) \Rightarrow r$$

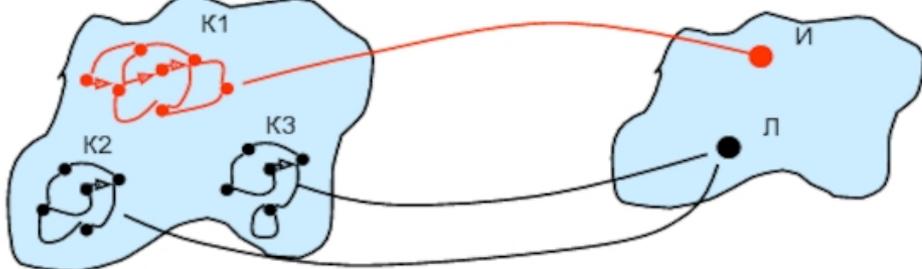


Интерпретации PL –
 наборы значений
 переменных $\langle p, q, r \rangle$
 (конечное число)

Интерпретация $\langle Л, Л, И \rangle$ - модель формулы Φ

Темпоральная логика
 Модели систем

$$\Phi = AG[(p \Rightarrow E(\neg q \cup r))]$$



Интерпретации TL –
 системы переходов, в
 каждом состоянии
 которых свой набор
 значений переменных
 $\langle p, q, r \rangle$
 (бесконечное число)

Интерпретация K1 - модель формулы Φ

A – always (должно выполняться всегда), G – globally (истинно во всех будущих состояниях,
 E – exists (существует хотя бы одна ветвь, на которой формула истина.

Структура Крипке





1. It snows in winter
2. It **always** snows in winter
3. **Sometimes** it snows in winter

These are different statements. And therefore, they must be written in different formulas. These statements are meaningfully related to each other.

And this should be reflected in the formulas. Since statements differ only in words like - **always, sometimes** (modalities of time - temporal modalities), it is necessary to introduce some kind of logical constructions to **express these modalities**.

ПРИМЕРЫ: DEONTIC MODALITIES - ОБЯЗАН, ИМЕЮ ПРАВО

1. Students attend lectures
2. Students are required to attend lectures
3. Students have the right to attend lectures

deontic modalities: I must, I have the right...

ПРИМЕРЫ: EPISTEMIC MODALITIES - I KNOW, I GUESS (ЗНАЮ, ПРЕДПОЛАГАЮ)

1. The problem has a solution
2. It is known that the problem has a solution
3. It can be assumed that the problem has a solution

epistemic modalities : I know, I guess

Modalities express different shades of truth (**confidence** - уверенность, **necessity** - необходимость, **provability** - доказуемость, **awareness** - осознанность)
 These shades can be classified:

Modalities of the necessary	Modalities of the possible
necessary - необходимо	possibly - возможно (алетическая логика)
always - всегда	sometimes - иногда (темпоральная логика)
must - должна □	have the right - имею право (деонтическая логика)
know - знаю	guess - предполагаю (эпистемическая логика)

MODAL FORMULA SYNTAX

To express modality we need to add two logical operators:

□ (**necessary** - необходимого)

и

◇ (**possible** - возможного),

with the help of which, it is possible to construct formulas of the following form:

(□φ) «необходимо φ» - “**necessary** φ”

(◇φ) «возможно φ» - “**possible** φ”

SEMANTICS OF MODAL FORMULAS

The semantics of modal formulas are diverse (or we may say – flickering)

Пример:

Дана формула $\Box\phi \rightarrow \phi$

Если \Box — модальность времени (темпоральная логика), «всегда», то

$\Box\phi \rightarrow \phi$ — это закон модальной логики.

Если студенты всегда ходят на лекции, то они ходят на лекции.

Если \Box — деонтическая модальность, «должны», то формула $\Box\phi \rightarrow \phi$

не имеет статуса логического закона.

Если студенты должны ходить на лекции, то они ходят на лекции.

Это не всегда так !

AXIOMS

\Box (necessary - необходимого) \Diamond (possible - возможного),

1. $\Box\phi \rightarrow \phi$ (аксиома рефлексивности T) рефлексивные шкалы
 $\forall wR(w,w)$;

Если студенты **всегда** (\forall) ходят на лекции, то они ходят (должны быть) на лекции.

модальность времени (темпоральная логика),

2. $\Box\phi \rightarrow \Box\Box\phi$ (4)

транзитивные шкалы $\forall w_1\forall w_2\forall w_3(R(w_1,w_2)\&R(w_2,w_3) \rightarrow R(w_1,w_3))$;

3. $\Diamond\Box\phi \rightarrow \Box\phi$

симметричные шкалы $\forall w_1\forall w_2(R(w_1,w_2) \rightarrow R(w_2,w_1))$.

4. $\Box\phi \rightarrow \Diamond\phi$ (D) (деонтическая логика)

(If **it should to be** that p , then **it is permitted** that p)

RELATIONAL SEMANTICS

Lets introduce the satisfiability relation for modal formulas:

(Введем отношение выполнимости для модальных формул):

- Пусть $P = \{P_1, P_2, \dots\}$ -- множество элементарных высказываний.
- Модальная интерпретация состоящая из шкалы Крипке
 - $\mathcal{F} \langle W, R \rangle$ (W -- возможные “миры”, R -- отношение достижимости) и
 - оценки элементарных высказываний $E: W \times P \rightarrow \{1, 0\}$.

ОТНОШЕНИЕ ВЫПОЛНИМОСТИ

Пусть $M = \langle W, R, E \rangle$ -- модель Крипке. Тогда отношение выполнимости $M, s \models p$ формулы p в мире s модели M определяется следующим образом:

1. Если $p = P_i$ из множества элементарных высказываний, то:
 $M, s \models p \Leftrightarrow E(s, p) = 1$, (читается так: высказывание p истинно в мире s модели M)
1. $M, s \models p_1 \wedge p_2 \Leftrightarrow (M, s \models p_1) \wedge (M, s \models p_2)$
2. $M, s \models p_1 \vee p_2 \Leftrightarrow (M, s \models p_1) \vee (M, s \models p_2)$
3. $M, s \models p_1 \rightarrow p_2 \Leftrightarrow (M, s \not\models p_1) \vee (M, s \models p_2)$
4. $M, s \models \neg p_1 \Leftrightarrow M, s \not\models p_1$
5. $M, s \models \Box p_1 \Leftrightarrow$ для любого альтернативного мира w если $\langle s, w \rangle \in R$, то
 $(M, w \models p_1)$
1. $M, s \models \Diamond p_1 \Leftrightarrow$ существует альтернативный мир w , что $\langle s, w \rangle \in R$ и
 $(M, w \models p_1)$

Отношение выполнимости однозначно определяется своими значениями на множестве элементарных высказываний.

ПРИМЕР

\diamond (possible -
возможно),

\square (necessary -
необходимо)

$M, w_1 \models \diamond p$ (возможнс

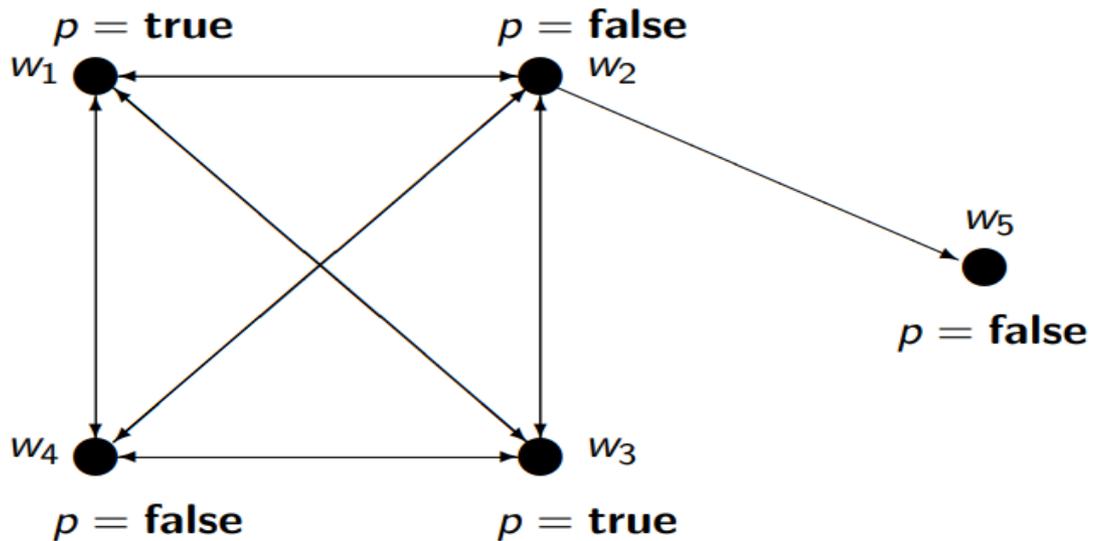
$M, w_1 \not\models \square p$ (необходим

$M, w_1 \models \square \diamond p$

$M, w_5 \models \square p$

$M, w_5 \not\models \diamond p$

Модель Крипке



ПРОСТЕЙШИЕ СВОЙСТВА

1. $\vDash \Box(\phi_1 \rightarrow \phi_2) \rightarrow (\Box\phi_1 \rightarrow \Box\phi_2)$ (аксиома дистрибутивности K);
2. $\vDash \phi \Rightarrow \vDash \Box\phi$ (правило необходимости N).

В разных приложениях **модальность** необходимого может **пониматься по разному**. Отсюда большое разнообразие модальных логик.

В разных модальных логиках отношение выполнимости определяется на разных классах шкал. Каждая разновидность шкал (отношения достижимости R) характеризуется определенным законом (формулой) модальной логики.

ПРИМЕР. ЭПИСТЕМИЧЕСКИЕ ЛОГИКИ

Эпистемические логики — это разновидности модальных логик, изучающие модальности **знания и мнения** (веры) **идеализированных агентов**.

Интерес представляют вопросы о том, какими знаниям располагает субъект, **насколько он осознает свои знания** (и незнания), и какие причинно-следственные связи возникают между утверждениями, касающимися вопросов знания и веры.

В эпистемической логике модальный оператор

$\Box\phi$ следует прочитывать «Я знаю, что ϕ »,

а

$\Diamond\phi$ — «Я допускаю, что ϕ »

ПРИМЕР. ЭПИСТЕМИЧЕСКИЕ ЛОГИКИ

Основные законы (аксиомы) эпистемической логики:

1. Аксиома адекватности знания: $\Box\phi \rightarrow \phi$ («Мои знания верны»)
2. Аксиома позитивной интроспекции: $\Box\phi \rightarrow \Box\Box\phi$ («Я вполне представляю все, что мне известно».)
3. Аксиома негативной интроспекции: $\Diamond\Box\phi \rightarrow \Box\phi$ («Я вполне сознаю, что именно мне неизвестно».)

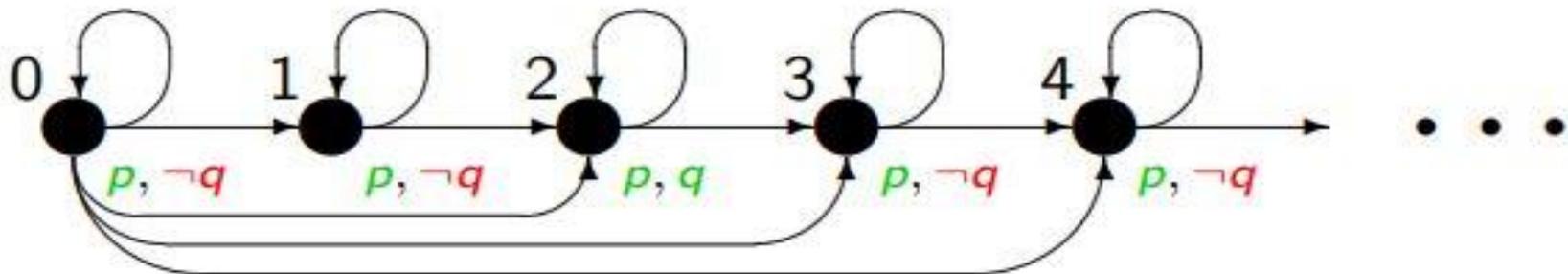
ПРИМЕР. ТЕМПОРАЛЬНАЯ ЛОГИКА

Поскольку вычисление — это процесс, развивающийся во времени, состояния которого находятся в причинно-следственной связи друг с другом, темпоральные логики используются для спецификации и верификации программ.

Логика линейного времени LTL

Шкала Крипке для LTL (Linear Temporal Logics) — это натуральный ряд с естественным отношением порядка:

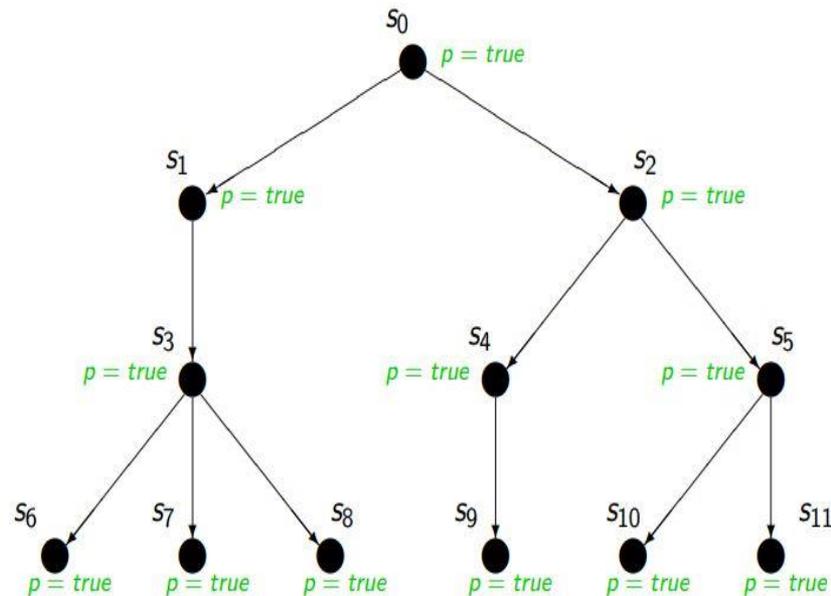
$$I, 0 \models \Box p; I, 0 \not\models \Box q; I, 0 \models \Diamond q$$



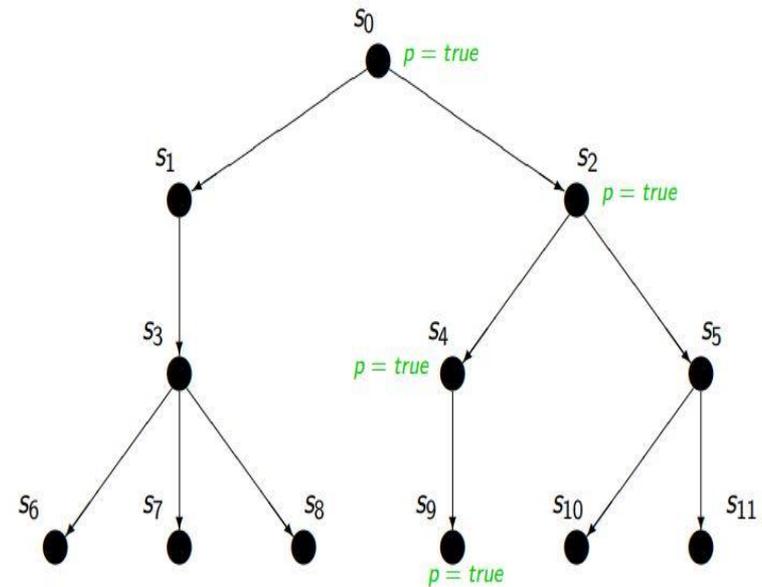
ПРИМЕР. ТЕМПОРАЛЬНАЯ ЛОГИКА

В других темпоральных логиках время — это ветвящаяся структура; в каждый момент времени может быть несколько альтернатив дальнейшего развития событий. Одной из логик ветвящегося времени является логика деревьев вычислений (CTL, Computational Tree Logic), используемая для спецификации и верификации распределенных программ.

$$I, s_0 \models \forall \Box p$$



$$I, s_0 \models \exists \Box p$$



ПРИМЕР. ТЕМПОРАЛЬНАЯ ЛОГИКА

Пусть $M = \langle W, R, E \rangle$ -- древесная модель Крипке для логики CTL. $s \in W$ одно из состояний модели. Тогда:

$I, s \models \forall \square p \equiv$ в каждом состоянии $s1$, достижимом из состояния s , верно $I, s1 \models p$

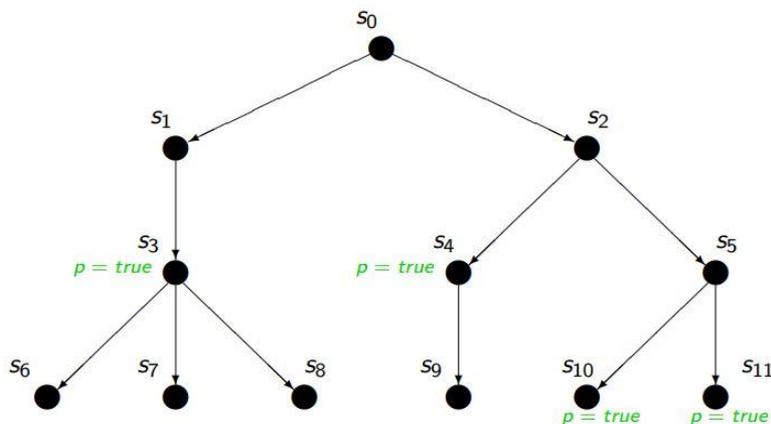
$I, s \models \exists \square p \equiv$ существует ветвь, исходящая из состояния s , в каждом состоянии $s1$ которой верно $I, s1 \models p$

$I, s \models \forall \diamond p \equiv$ в каждой ветви, исходящей из состояния s , есть состояние $s1$, в котором верно $I, s1 \models p$

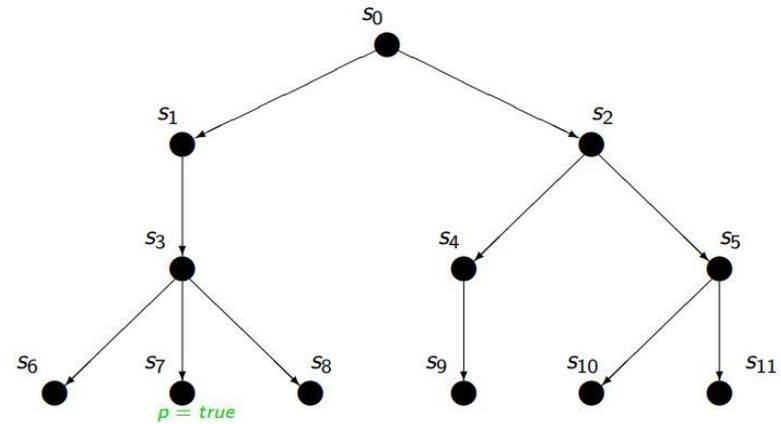
$I, s \models \exists \diamond p \equiv$ существует ветвь, исходящая из состояния s , в одном из

(

$I, s_0 \models \forall \diamond p$



$I, s_0 \models \exists \diamond p$



- В дальнейшем надо связать модальность и вероятность

WONDERS OF LIFE AND MISERY OF DISEASE ARE INFORMATION PROCESSES?

After three billion years of evolution, we have obtained the instruction set that carries each of us from the one cell through adulthood to the grave.

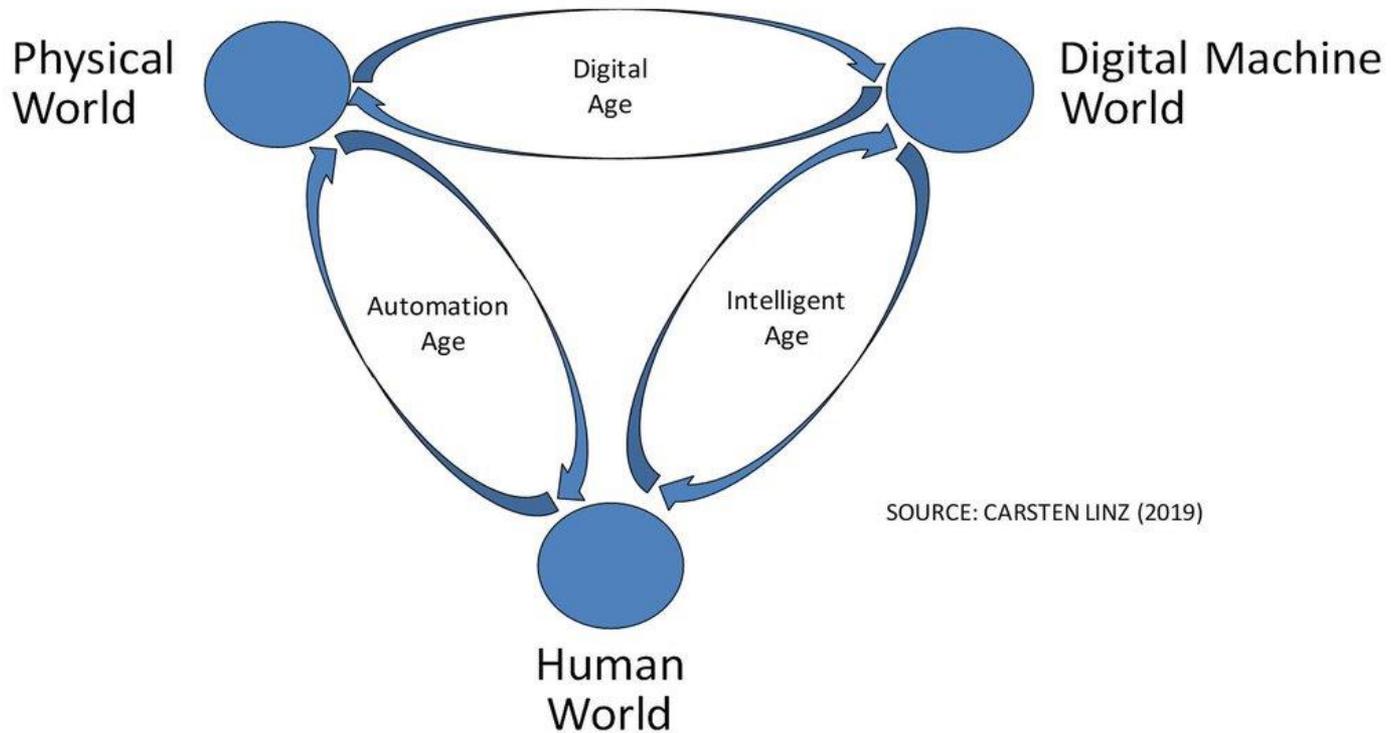
—DR. ROBERT WATERSON

Deriving physics from **information processing** could reconcile relativity and quantum theory:

- the former creates the space-time **operating system** and
- the latter how it creates energy and matter **applications**.

These **information processes** and control software programs, are surprisingly compact. **The human genome is a sequential binary code containing only about eight hundred million bytes of redundancies information (800 MB)**. If redundancies are removed we are left with **only thirty to one hundred million bytes**, equivalent to the size of an average contemporary software program.

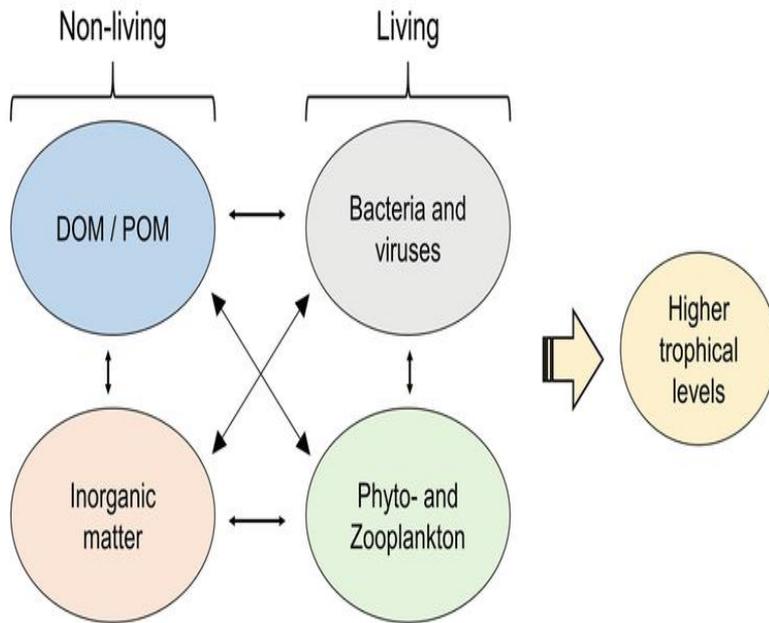
This code is supported by a set of biochemical computer machines that **translate these linear (one-dimensional) sequences** of DNA "**letters**" **into strings of simple building blocks** called amino acids, which are in turn folded into three-dimensional proteins, which make up all living creatures from bacteria to humans.



SOURCE: CARSTEN LINZ (2019)

- Reification; Reifikation) - **овеществление идей и понятий**; обращение с ними таким образом, как если бы они были **осязаемыми объектами**.





Viruses occupy a niche in between living and nonliving matter but are also composed of fragments of DNA or RNA.)

This machinery is essentially a self-replicating nanoscale replicator that builds the elaborate hierarchy of structures and increasingly complex systems that a living creature comprises

physical world is a virtual reality ?

]:
измеримая “физическая величина” имеет объективную
вероятность “определенных значений”, а ее “наблюдатель”
может быть заменен автоматом.

Д. фон-Неймана 1964

Measurement is such an element of cognition that delivers information about the world by influencing this world. Information takes the form of a “number” - an element of a “field”, operands and operations on which are predetermined.

Восприятие мира живыми организмами определяет процесс их познавательной деятельности - эффективное действие, извлечения информации из окружающей среды. Эта информация используется приводит к «аутопоэзису» – такой организация», которая наделяет объект способностью к самовоспроизводству, «добыванию информации». которая необходима для «строительству» самих себя. собственные компоненты, «без разделения на производителя и продукт». Так, клетка производит компоненты своей мембраны, без которой клетка не могла бы ни существовать, ни производить эти компоненты.

- Аутопоэзная организация обработки информации служит критерием, определяющим жизнь.

- Механизм эволюционных изменений – есть «естественны» отбор
- Онтогенез — это «структурный дрейф» организма, при котором происходит **сохранение** его организации и одновременно **адаптация** к окружающей среде.
- The environment can be considered as a kind of “selector”, which selects the structural changes that the organism undergoes in the process of ontogenesis.”
- Филогенез это форма эволюция как непрерывная последовательность изменений в наследственной линии организмов на каждой репродуктивной стадии при сохранении их организации при адаптации (изменении) к изменяющейся среде.
- В процессе естественного структурного дрейфа как бы **нет внешней направляющей силы** или оптимизации, но есть изменения, приводящие к адаптации, при сохранении организации в целом (аутопоэза).

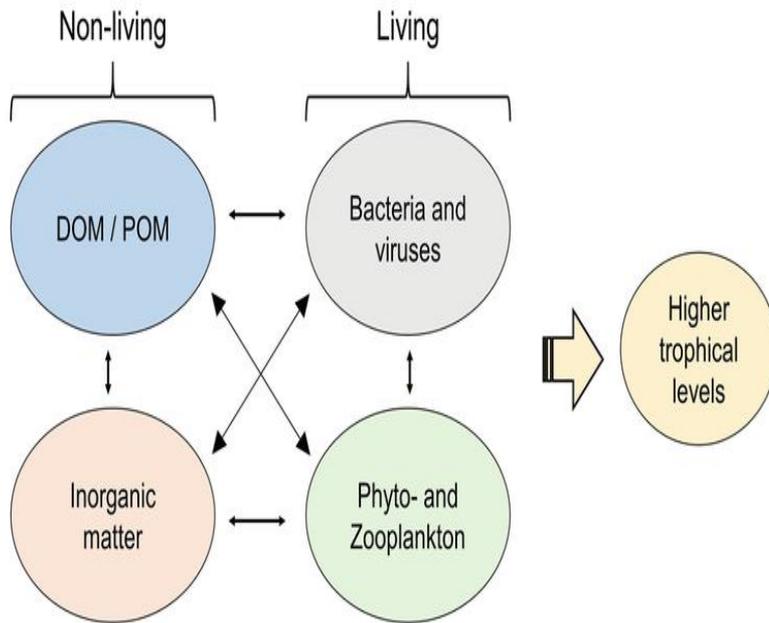
- Поведение организма определяется структурой внутренних связей его нервной системы. **Нервная система «операционально замкнута»**, внутренне детерминирована, и окружающая среда не определяет и не направляет изменения нервной системы.
- Внешняя среда лишь вызывает в нервной системе те или иные «возмущения», **которые пытаются компенсировать через внешнее «поведение» организма**,
- At the same time, the organism does not “receive information from the environment and does not use it to build an image (representation) of the world, or to form adequate behavior.
- Нервная система не оперирует образами мира:
 - «в живом существе происходят только внутренние структурные **изменения** в ответ на внутренние же структурные **возмущения**, вызываемые воздействиями внешней среды.

Для внешнего наблюдателя ЭТИ ИЗМЕНЕНИЯ представляется «поведением» организма в окружающей среде, о которой у организма уже имеется некоторое «представление».

- Поведение живых существ в целом следует понимать не как взаимодействие со средой, но как поддержание определённого внутреннего согласования между сенсорной и моторной деятельностью.
- У многоклеточных организмов для реализации этой сенсомоторной корреляции существует нервная система, расширяющая область поведения по сравнению с прямыми сенсо-моторными связями у одноклеточных.
 - Так, отдёргивание руки от боли, с точки зрения самого организма — лишь восстановление определённой корреляции между сенсорными и моторными нейронами после внешнего воздействия на первые.
 - Внешние воздействия лишь модулируют постоянно поддерживаемый внутренний баланс сенсомоторных корреляций, но не определяют его.
- Образ объекта как некоторая фигура не возникает на сетчатке глаза, чтобы затем передаётся дальше по каналам нервной системы в мозг. Формируемые в глазу сигналы лишь вносят вклад в внутренние циклы нейронных взаимодействий.
- «компьютерная метафора», называющая мозг устройством для обработки информации, скорее всего не точна: нервная система не получает «информацию» из окружающей среды, а
 - ...создаёт мир, так как именно состояние нервной системы определяет, что будет считаться её «возмущением» и какие внешние изменения его вызывают. Критерий знания среды — эффективное поведение, поэтому любое поведение можно рассматривать как **КОГНИТИВНЫЙ АКТ** познания с целью сохранения своего существования.

- Constant interactions can occur between organisms, which leads to the formation of a third-order structural conjugation (the first - between cells, the second - between metacellular structures).
- Образуется сеть ко-онтогенезов. Механизм такого сопряжения у разные – у насекомых химический — обмен веществами контролирующей дифференциацию функций отдельных особей.
- У общественных позвоночных координация поведения происходит разными способами: химически, визуально, акустически и т. д.
- Итак любач коммуникация — «координированное поведение, которое взаимно запускают друг у друга члены некоего «социального единства».
- В таких коммуникациях нет «передачи информации»: так как происходящее с организмом — его действия и восприятия — определяется его собственными внутренними процессами, а не возмущающим воздействием;
- “The phenomenon of communication does not depend on what is transmitted, but on what happens to the one who receives what is transmitted.”

- Коммуникативное поведение, сформировавшееся в результате обучения, можно назвать лингвистическим поведением. Лингвистическое поведение происходит в лингвистическом пространстве (поле - всех вариантов лингвистического поведения), возникающем и изменяющемся в коллективном коэволюционном процессе.
- Лингвистические поля есть и у животных; но когда сами элементы лингвистического поля, само лингвистическое поведение в свою очередь становятся объектом скоординированных рефлексивных лингвистических действий — возникает язык.
- Вместе с языком, как областью описания описаний, возникает и наблюдатель: язык, позволяя пользующемуся им описывать лингвистическую деятельность и её участников, делает возможным появление рефлексии и (само)сознания (так, «условия для появления понятия своего „Я“» могут возникнуть, например, когда объектом «наблюдения» становится имя другого человека).
- People themselves in the process of cognition create the world around them, which is available to them as a result of perception and measurement. This "creation of the world" people carry out together with other people, in the collective space of the language. Without sociality, there can be no homo sapiens.



Viruses occupy a niche in between living and nonliving matter but are also composed of fragments of DNA or RNA.)

This machinery is essentially a self-replicating nanoscale replicator that builds the elaborate hierarchy of structures and increasingly complex systems that a living creature comprises

physical world is a virtual reality ?



С точки зрения компьютерных наук проблема сводится к трем аспектам

Аспект 1. сведение физических процессов к вычислениям, в которых программы – суть объективные законы.

Аспект 2. открытие законов, действия которых приводят к уменьшению энтропии.

Аспект 3. разработка технологий расшифровки семантики генетических кодов и синтаксиса целенаправленных процессов экспрессии генов