

Казанский Александр Борисович,
Старший научный сотрудник Института эволюционной
физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова
РАН, к.б.н.

kazansky@bk.ru

<http://www.evol.nw.ru/labs/lab38/kazansky/>

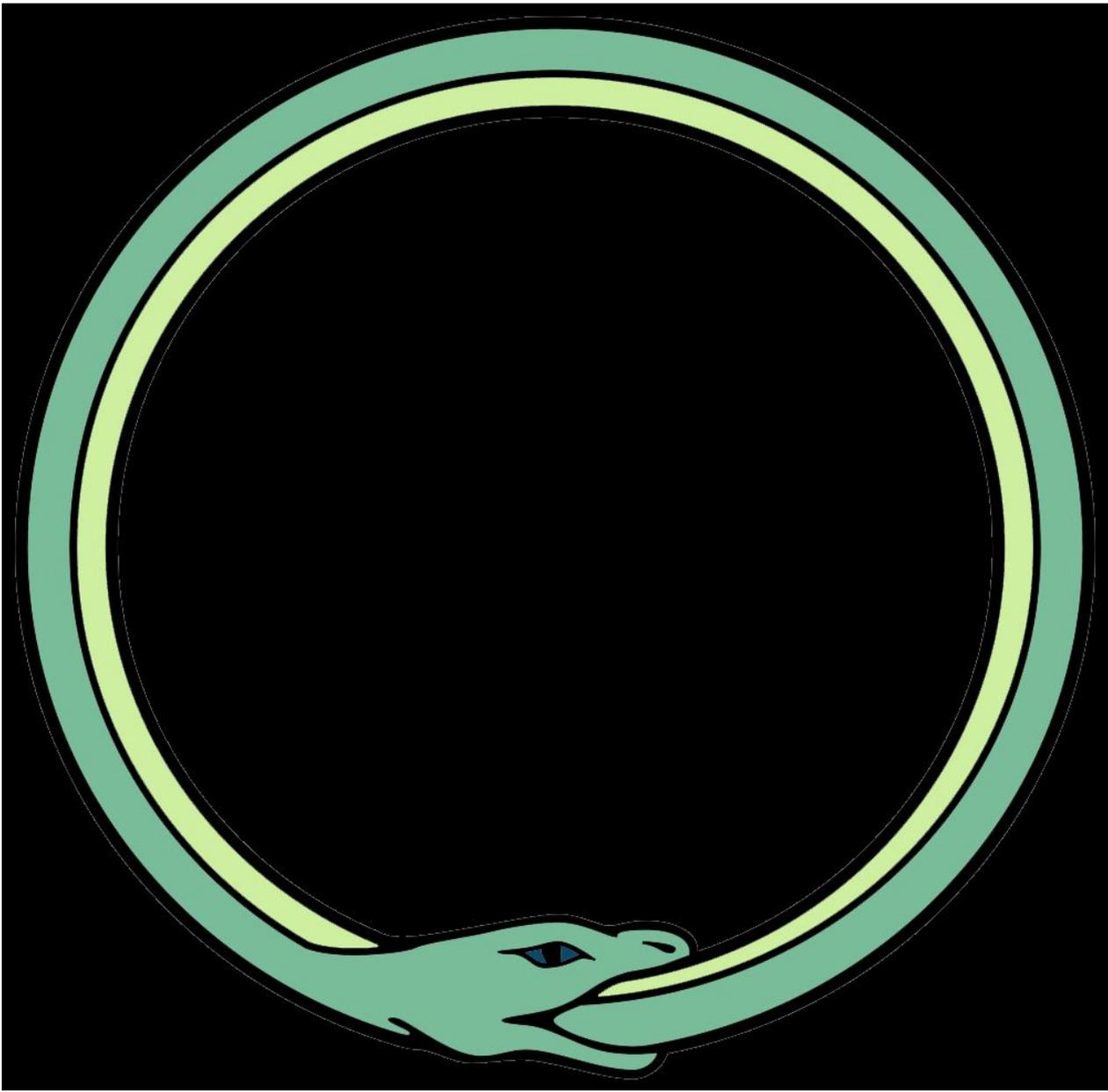
Концепция автопоэзиса (системно-теоретической модели самопродуцирующейся автономной биологической организации) и ее

значение для нетрадиционного понимания эволюционных и физиологических процессов

- αὐτοποίησης
- autopoiesis
- self creation / production

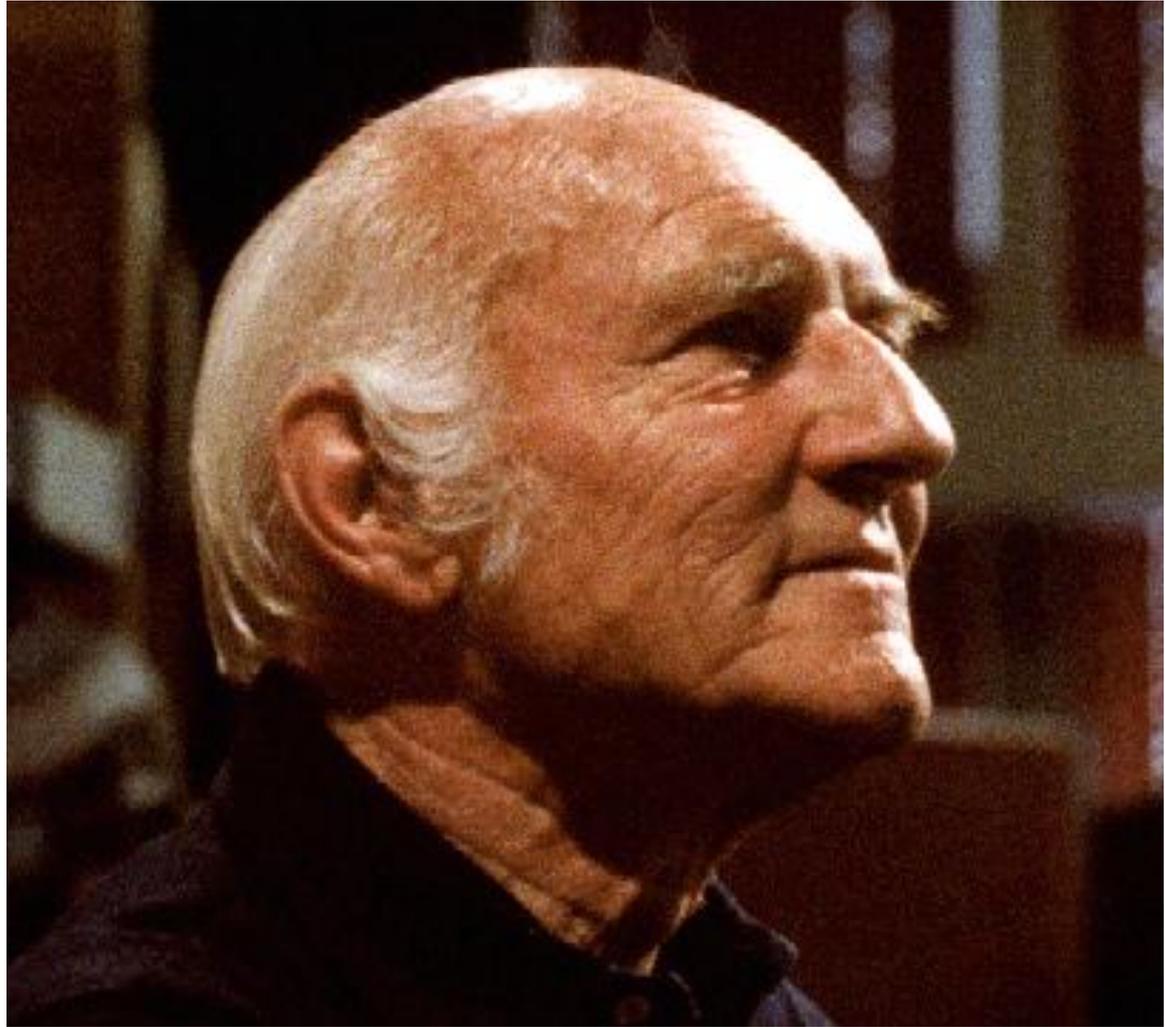
«Само-продукция, само-строительство»

Минималистская системно-теоретическая модель жизни, как самопродуцирующейся относительно автономной системы, демонстрирующей когнитивное поведение. Материально и энергетически относительно открыта, организационно замкнута, круговая причинность. Элементы постоянно само-обновляются, а продукционная организация сохраняется. Структурная детерминация. Взаимодействия со средой по типу коэволюции (самореферентная система).









Радикальный конструктивизм и кибернетика второго порядка (киб. наблюдателя)

- Эпистемология кибернетики второго порядка и автопоэзиса является конструктивистской . Эрнст фон Глазерсфельд определяет принципы радикальный конструктивизма так:
- **1) Знания не пассивно воспринимаются с помощью чувств или коммуникаций , а активно создаются познающим субъектом .**
- **2) Функция познания адаптивна и служит организации опытного мира субъекта, а не открытию объективной онтологической реальности.**

Биология познания У. Матураны

- Автопоэтический наблюдатель
- “Все, что говорится, говорится одним наблюдателем другому, которым может быть сам он”



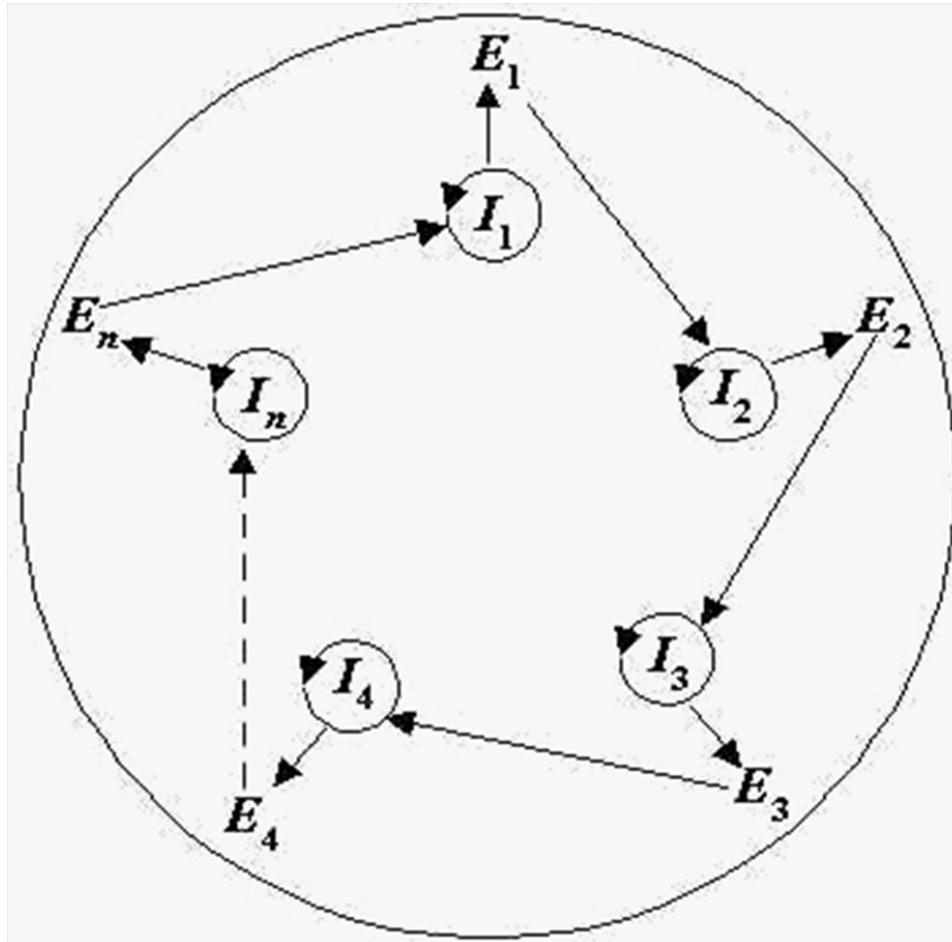
Cyclic Paths Embraced

- "Everything said is said by an observer to another observer that could be him- or herself"
 - "The qualification of all 'knowledge' with respect to a given observer is both the epistemological foundation and the explanatory focus of autopoietic theory"
 - epistemological: branch of philosophy that studies the nature of knowledge.
- "All knowing is doing, and all doing is knowing."
 - "The observer's 'cognition' is a process involving the entirety of her interactivity, not just abstract mentation. As such, cognition cannot be segregated from praxis."
 - mentation: thinking, mental activity.
 - praxis: practical application of a branch of learning, or an established practice.

Модели самопродуцирующихся организмоподобных систем

- Автокаталитические гиперциклы (Эйген, Шустер)
- Теория самомодифицирующихся и взаимно модифицирующихся систем
- (G.Kampis)
- Теория биологической автономии, автопоэзис, инактивизм – круговая причинность (У. Матурана, Ф. Варела,)

Гиперцикл Эйгена (1971)

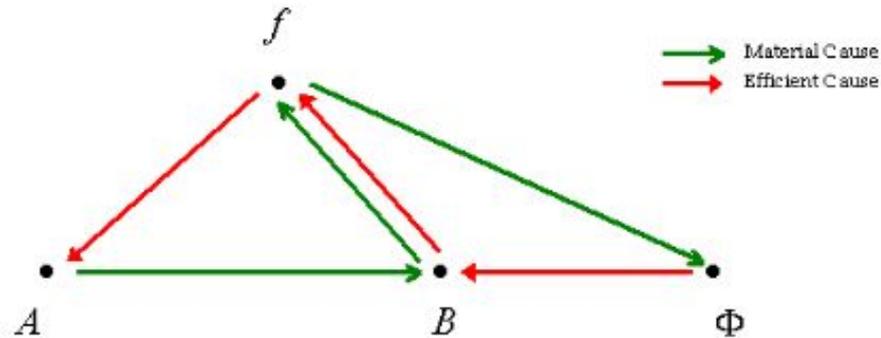


Гипотеза

- До появления клеточной мембраны первичный бульон был населен свободными РНК – репликаторами
- Происходил отбор по скорости репликации
- В нек. момент скорость репликации одних видов стала зависеть от присутствия других видов (кооперация)
- Возникли кооперативные цепочки. Когда они замкнулись, образовался автокаталитический цикл, который победил в первичном бульоне, так, как его приспособленность выше
- Автокаталитические циклы и молекулярная эволюция стали взаимными храповиками процесса эволюционного усложнения, порождения экосистемного уровня.

Модель само-восстанавл. метаболизма R. Rosen (1972)

Metabolism-Repair System with Replication



Alternate notation:

$$A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{\Phi} H(A, B) \xrightarrow{\beta} H(B, H(A, B))$$

Базовая дихотомия автопоэзис -аллопоэзис

- Автопоэзис, производство себя -
- (poiesis)
-
- Аллопоэзис, производство иного -
- (techne)

autopoiesis

- “... autopoiesis attempts to capture the
- mechanism or process that generates
- the **identity of the living** and thus
- to serve as a categorical distinction of
- **living from nonliving**, not more
- not less.” F. Varela

Organism
Autopoietic

- Grows itself
- Rules itself
- Holarchic
- Evolves
- Repairs itself



- Is assembled
- Rules given
- Hierarchic
- Is reinvented
- Is repaired

Allopoietic
Mechanism

Автопоэтическая система

- ***“Автопоэтическая система организована (определена как единство) в виде сети процессов productions (синтеза, трансформации и деструкции) компонент, которые производят компоненты, которые: (1) путем взаимодействия взаимодействия друг с другом и трансформации непрерывно регенерируют и реализуют сеть процессов (отношений), которые производят их; и (2) конституируют ее (автопоэтическую машину) как конкретное единство в пространстве, в котором они (элементы) существуют путем определения замкнутой топологической области ее реализации как такая сеть.”***

Структура VS организация



**Автопоэзис – самоорганизующийся продукционный процесс.
Элементы постоянно обновляются, структура адаптивно
изменяется, так, чтобы сохранялась организация**

- **P** – продукция; **V** – связывание; **D** – дезинтеграция
- **P + V** = кристалл
- **V + D** = трансформация макромолекул в субстрат (простые составляющие)
- **P + D** = смесь субстрата и макромолекул, осциллирующие около “равновесия”
- **P + V + D + организация (специфическое согласование этих процессов)** = автопоэзис

Структурное сопряжение (coupling) 1

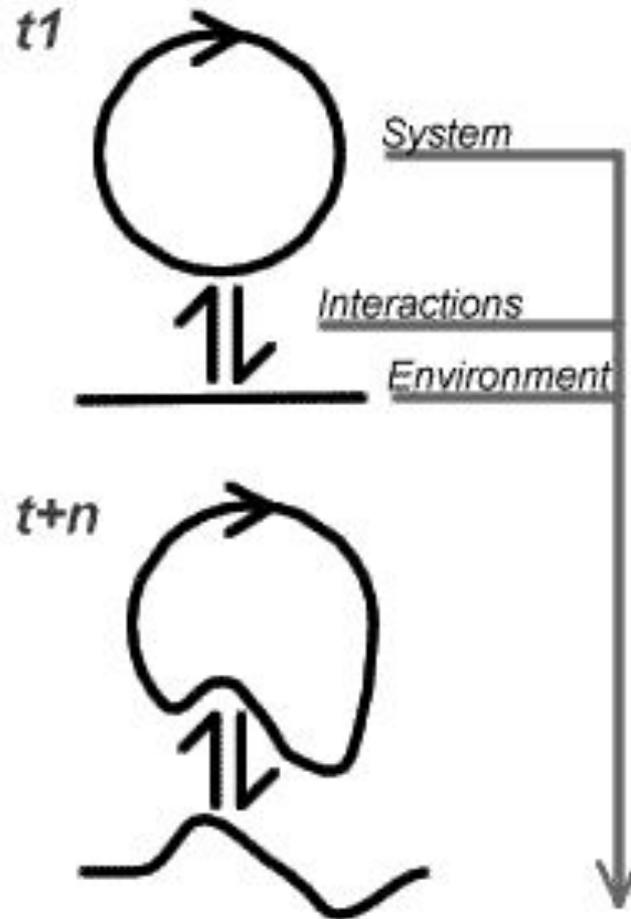
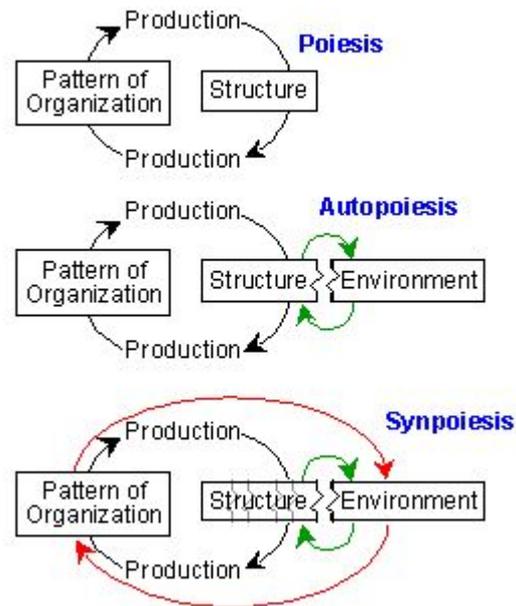


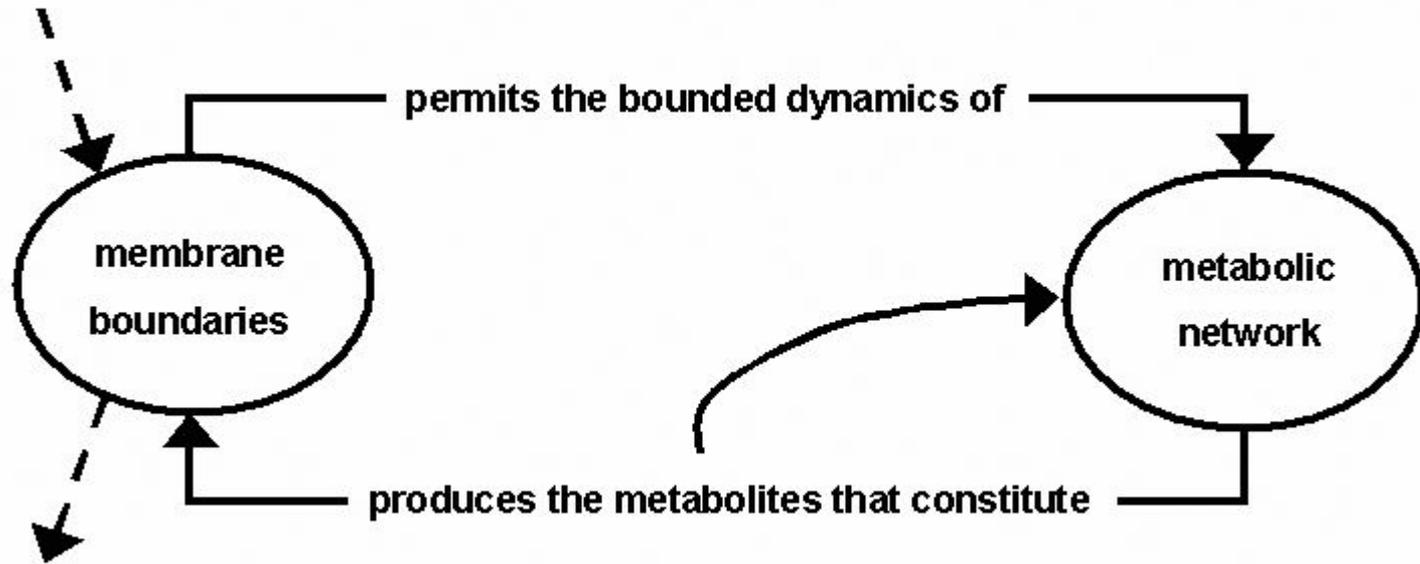
Figure 1: System - environment coupling

Структурное сопряжение (coupling) 2

Figure 2.4
Illustration of poietic processes



matter, energy flow



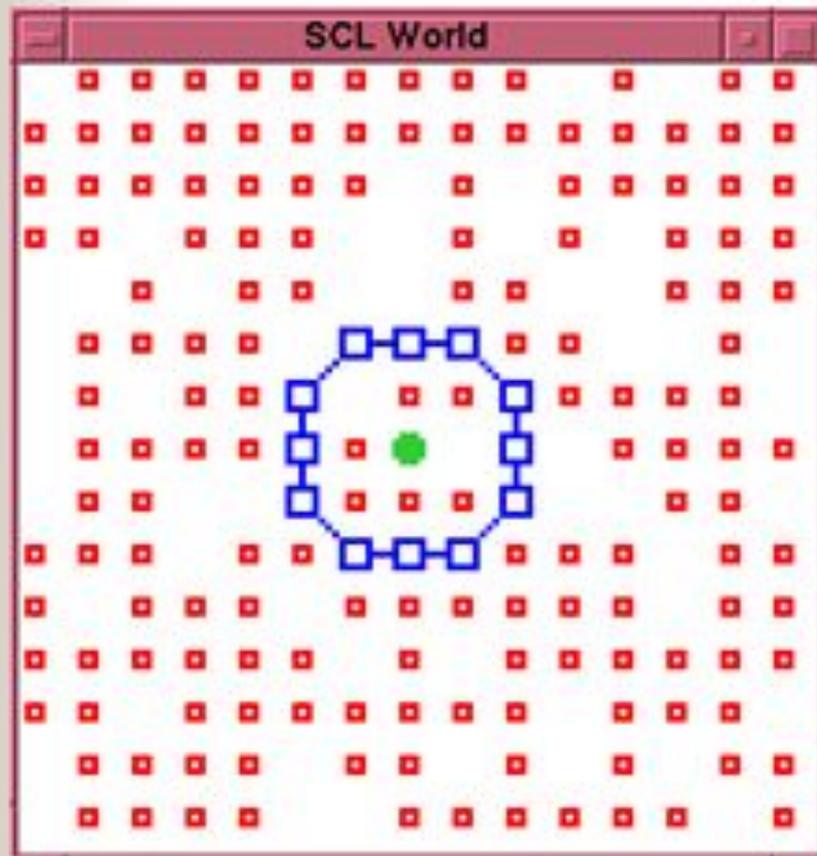
Неподвижная точка оператора наблюдения - eigenbehavior

- $O(i) = \text{obs}(t) =$
 $\text{COORD}(\text{COORD}(\dots \text{COORD}(\text{obs}(t-n))\dots))$
.
-

M&V - Qualitative Chemistry

- Three particles (Substrate-Catalyst-Link):
 - S: substrate particles.
 - K: catalyst particles.
 - L: link particles.
- Rules of interaction:
 - $S + S = L$, in the presence of K.
 - $L + L = \text{bonded } L$, in the presence of K, maximum two bonds per L particle (forms a chain).
 - $L = S + S$, spontaneous decay (rare occurrence).

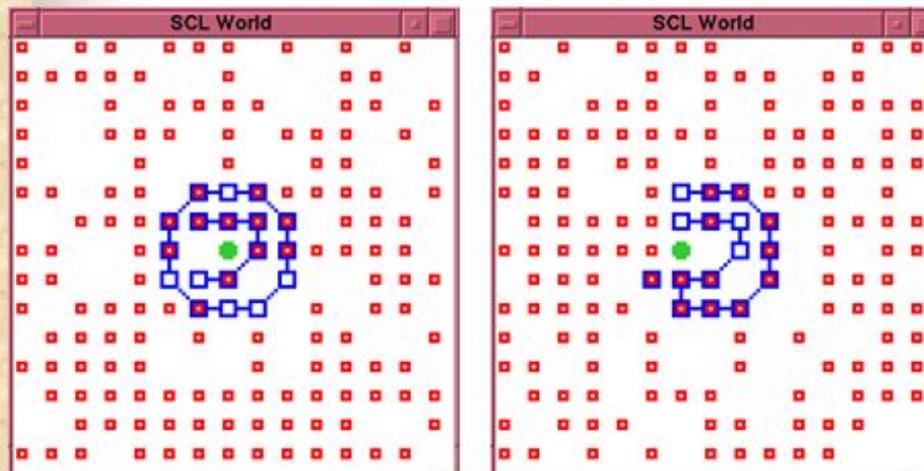
McMullin: SCL Cellular System



- Substrate
- Catalyst
- Link
- Link with absorbed Substrate

- Linked "Link" particles are stationary.
- Substrate can pass through the "Links".
- Link particles and the catalyst cannot.

SCL – Original Rule Set



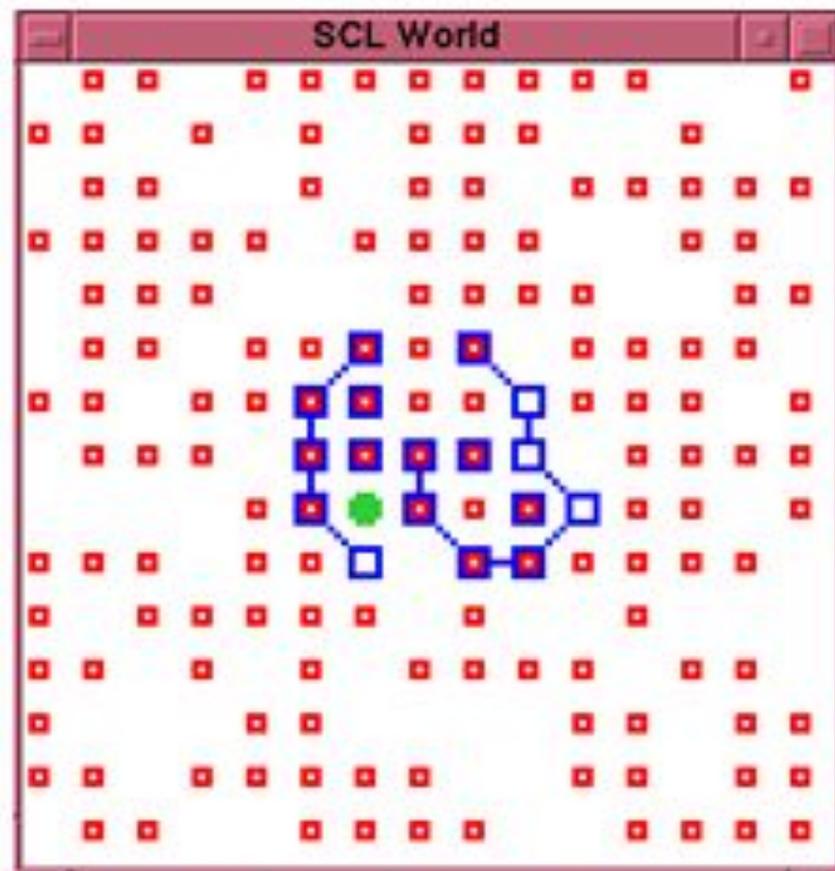
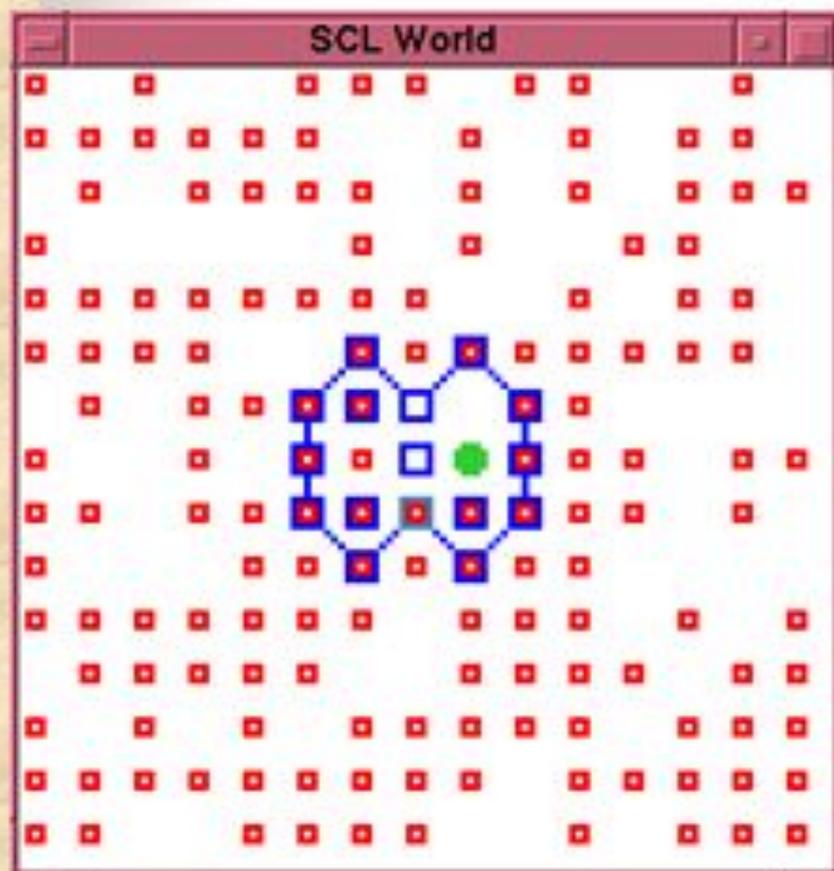
<http://www.eeng.dcu.ie/~alife/bmcm-ecal97/bmcm-ecal97.html>



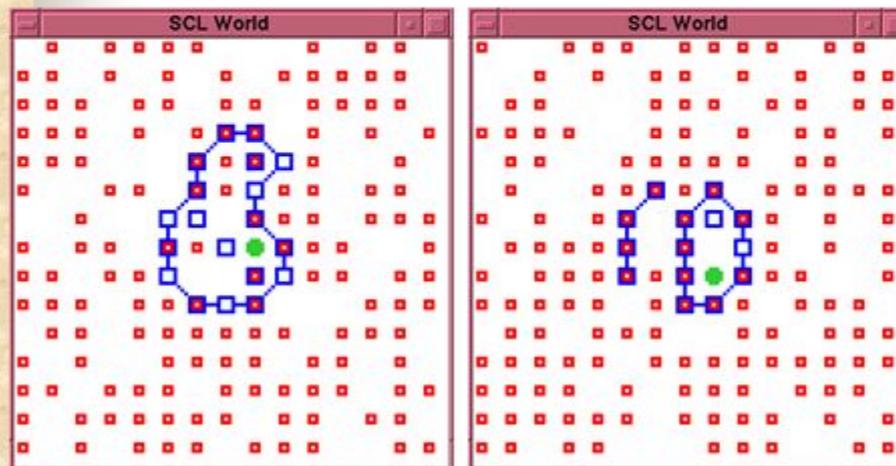
McMullin – Implementation with New Rule

- M&V original FORTRAN code listing was found, re-keyed and tested.
- Different results than in current implementations - resulted in analysis of code.
- Found a rule in the code that was not present in the M&V publications.
 - Can only bind a link particle to another link particle if
 - it is not part of an existing chain, or
 - the free particle is not adjacent to more than one member of the chain. No spiraling.

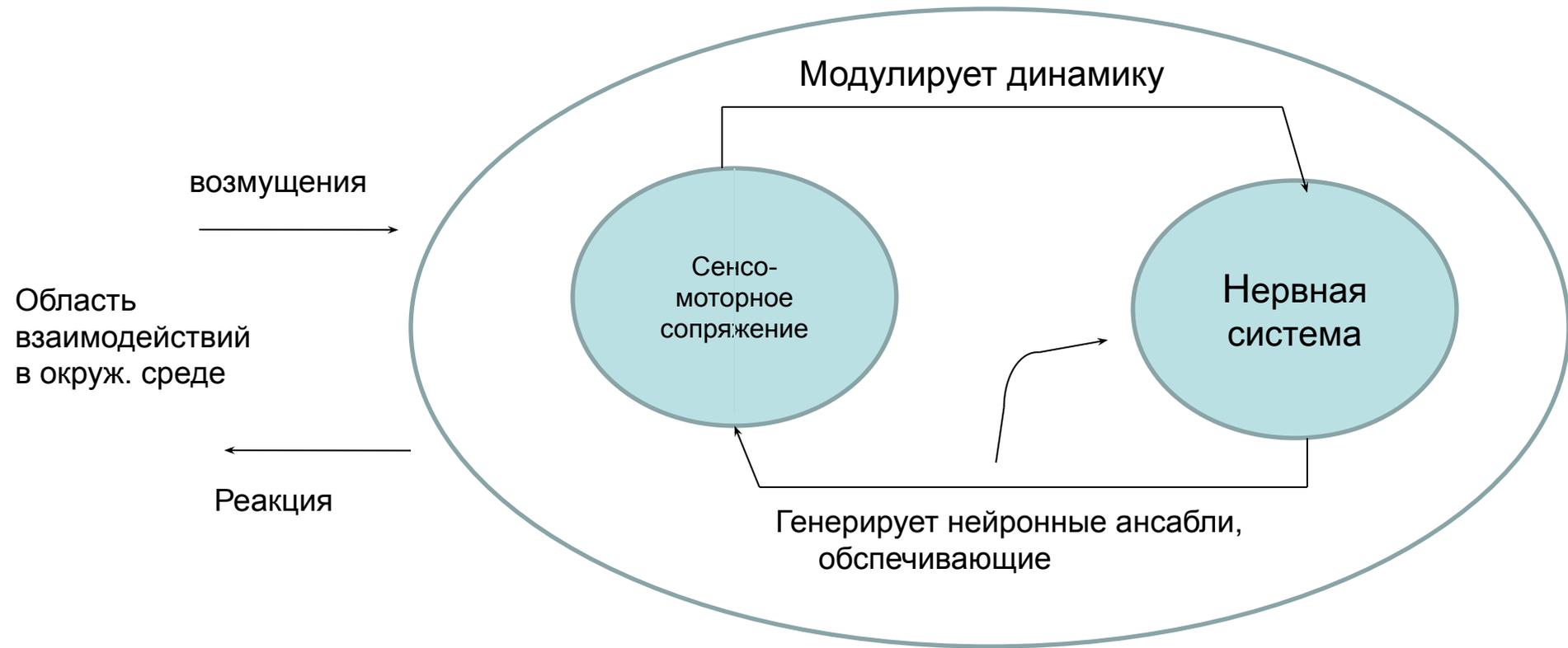
SCL – New Rule - Fail



SCL – New Rule - Succeed



<http://www.eeng.dcu.ie/~alife/bmcm-ecal97/bmcm-ecal97.html>



Операциональное замыкание воплощенной (embodied) системы

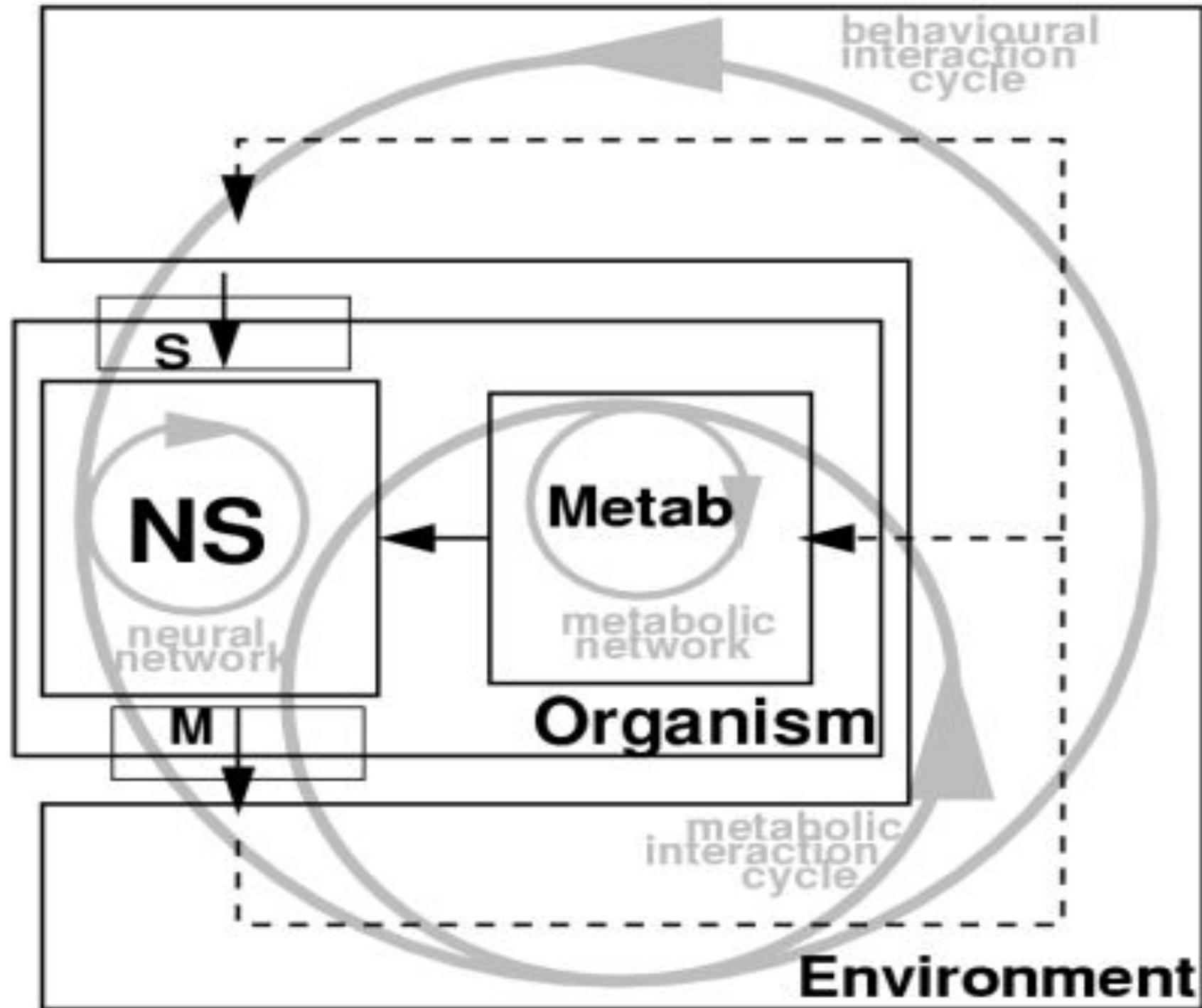
ЭНАКТИВИЗМ

Разум - распределенный процесс

- “Ментальный мир - разум, мир обработки информации - не ограничивается кожей ...” “... Индивидуальный разум имманентен, но не только телу, а также контурам и сообщениям вне тела. Также есть больший Разум, в котором индивидуальный разум - только подсистема. Этот больший разум можно сравнить с Богом, и он, возможно, и есть то, что некоторые люди понимают под “Богом”, однако он по-прежнему имманентен совокупной взаимосвязанной системе, включающей социальную систему и планетарную экологию”.

- *Г.Бейтсон. “Форма, вещество и различие”, 1970 г.*

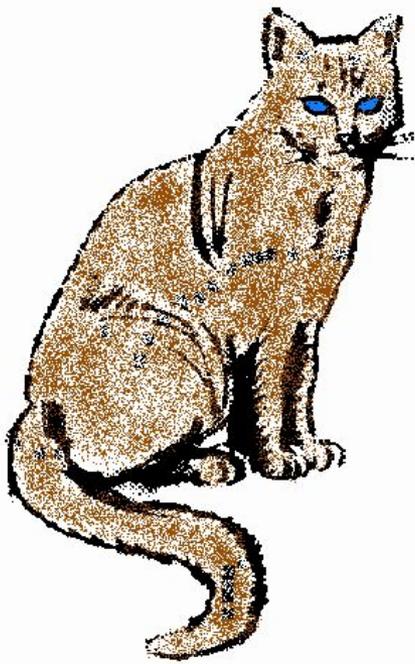
-



Концепция распределенного разума

- Emodied Embedded Extended hypothesis
- (Andy Clark)

a CAT as-perceived
by S



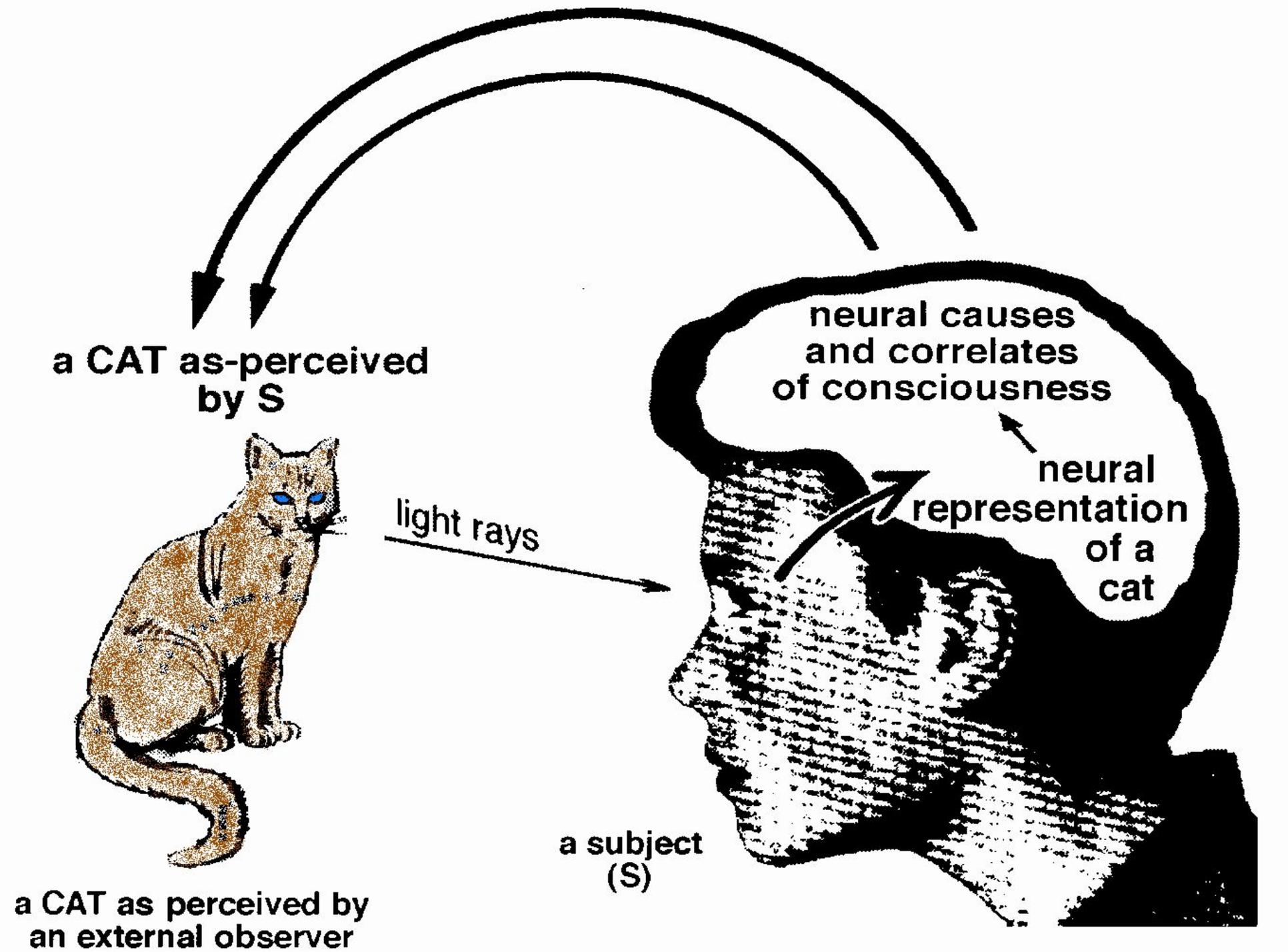
light rays

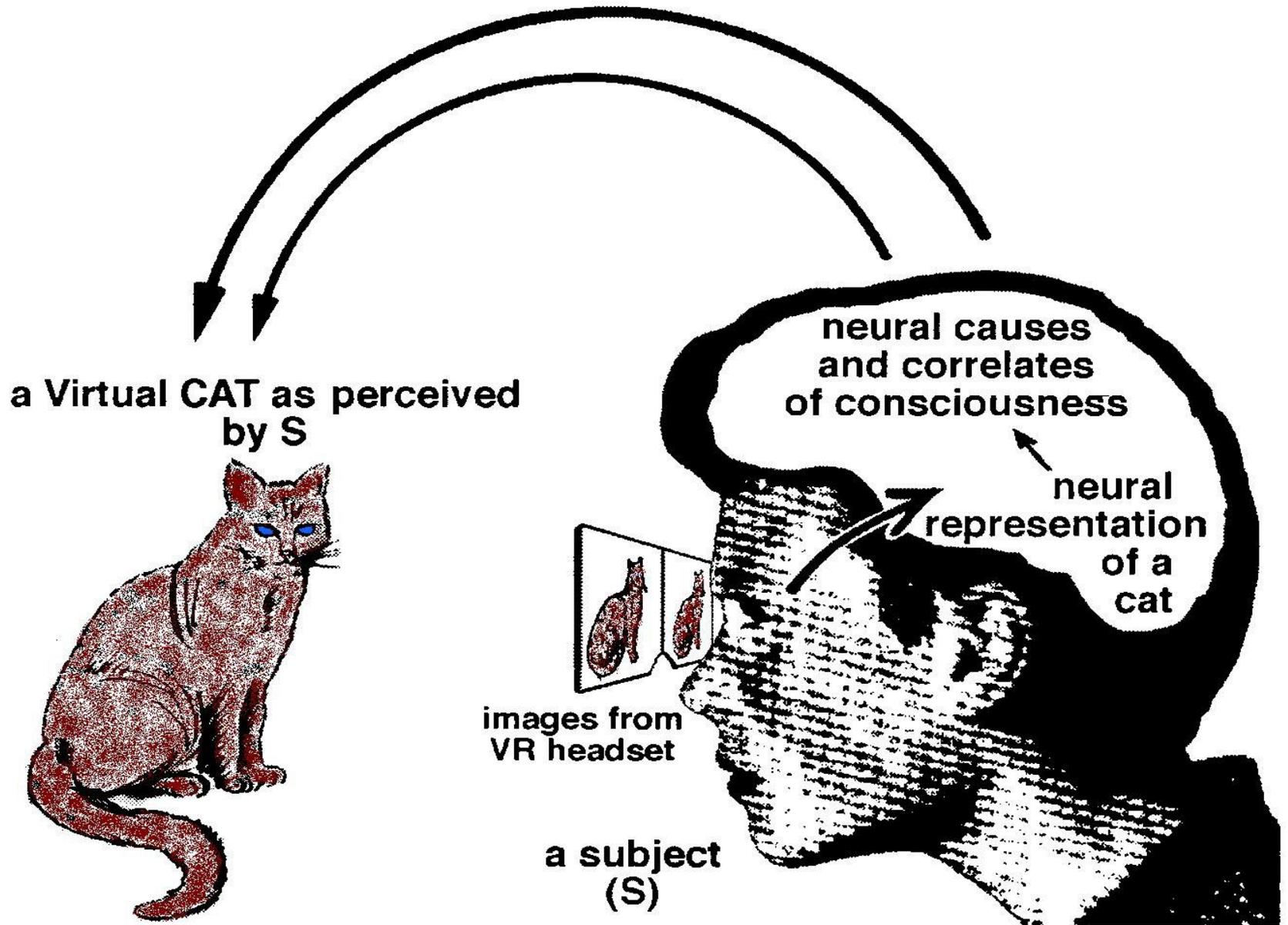
a subject
(S)

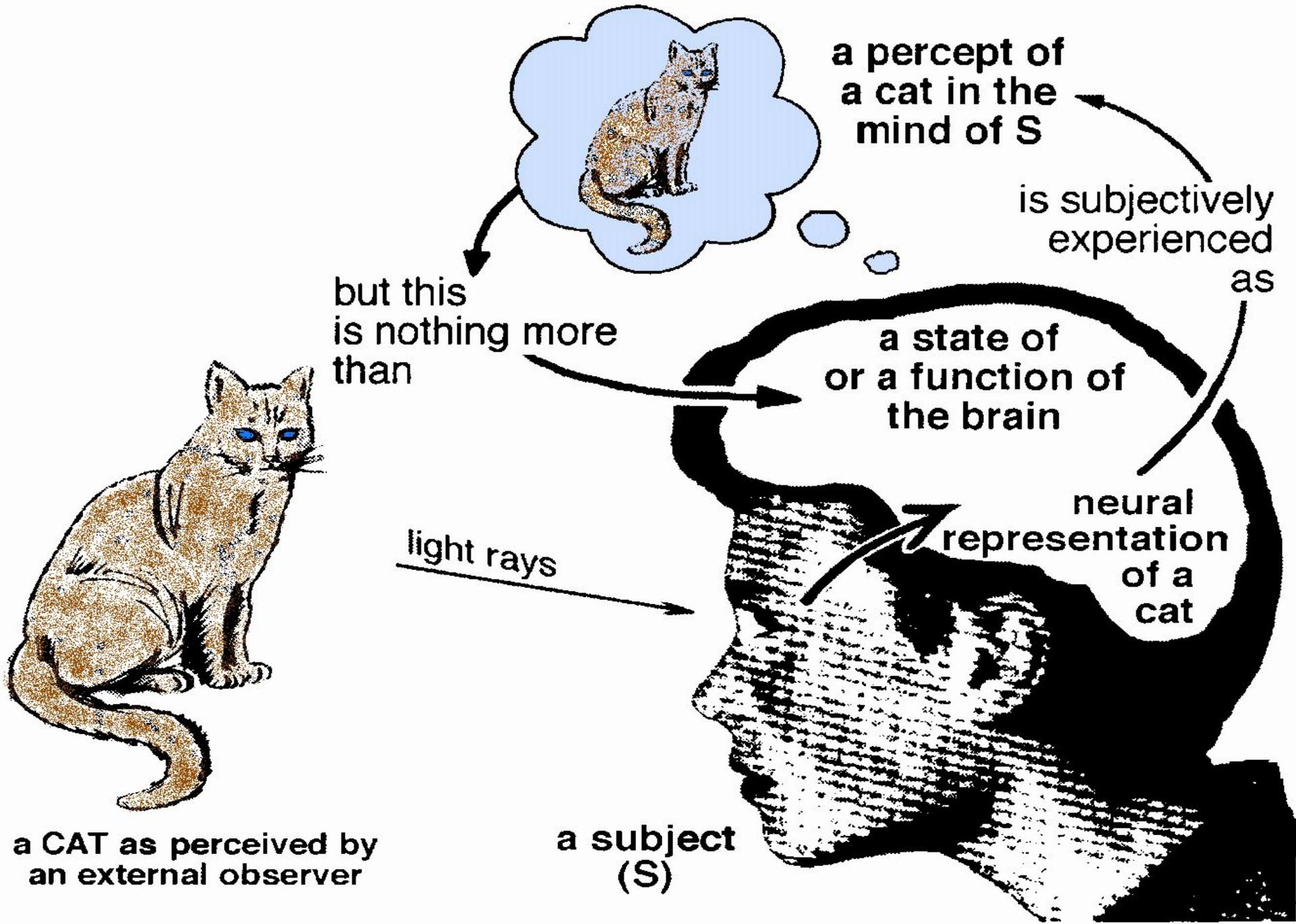
neural causes
and correlates
of consciousness

neural
representation
of a
cat

a CAT as perceived by
an external observer







Перспективы смены парадигмы ИИ и когнитивных исследований

- Воплощенный искусственный интеллект
- Энактивный искусственный интеллект
- Натур-компьютинг, автономный компьютеринг, автопоэтический компьютеринг
- Приложения: социология, экономика,
- биология, право, политика, военное дело, психология etc.

Три направления в когнитивных науках (по Varela, Thompson & Rosch, 1991)

	Когнитивизм	Эмерджентизм (Коннекционизм)	Инактивизм
Метафора разума	Цифровой компьютер	Параллельно работающая распределенная сеть	??? неотделимое от опыта и мира
Метафора познания	Обработка символов	Возникновение глобальных состояний	Непрерывно идущее взаимодействие со средой
Мир по отношению к нам	Отделен и объективен. Репрезентируем (в символах)	Отделен и объективен. Репрезентируем (в паттернах активации сети)	Вовлечен, “порожден” Презентируем (через действие)
Разум VS. тело/мир	Отделим. Картезианский дуализм (разум и тело отделены)	Отделим. Эпифеноменальный дуализм (разум связан с телом и миром через возникновение)	Неотделим Феноменология - (разум и мир инактивировали в истории взаимодействий)
Представители направления	Simon, Newell, Chomsky, Fodor, Pylyshin	Rumelhart, McClelland, Dennett, Hofstadter	Maturana, Lakoff, Rorty, Piaget, Dreyfus

ИН-ФОРМАЦИЯ

Ин-формация есть когерентность или регулярность, жизнеспособность

Смысл внешний, не операциональный но относительный по- отношению к наблюдателю, устанавливающему ее применение

Единство определяется автономно и связано в синфорацией через возмущения

Среда или мир определяются через инварианты относительно поведения системы

Наблюдатель-сообщество - вот кто выявляет регулярности

Ин-формация есть всегда интерпретация

Генерируется путем структурного сопряжения

ИНФОРМАЦИЯ

Информация есть отображение или соответствие

Смысл - внутренний, операциональный

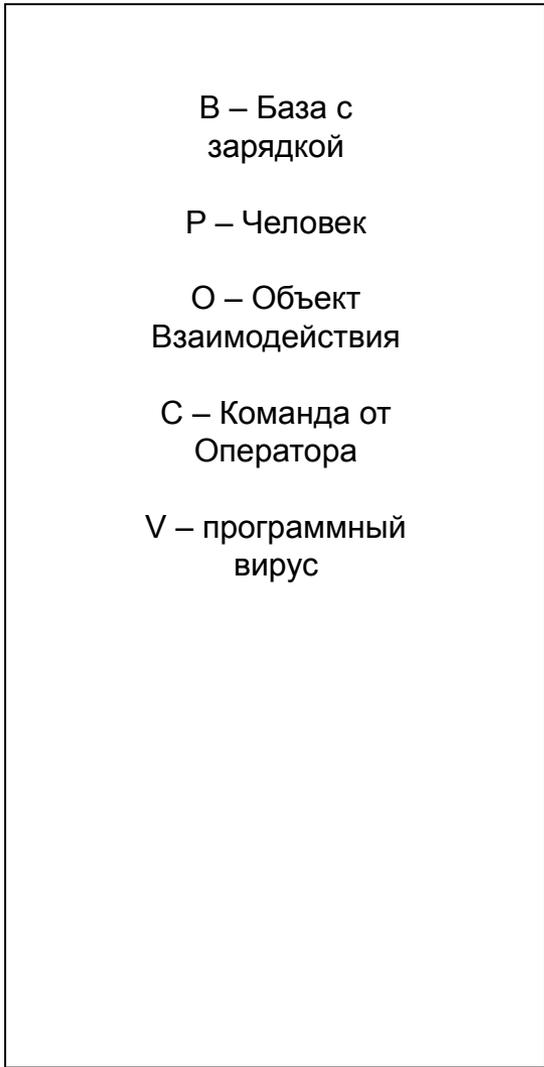
связь с единством через автономные входы

Требует фиксированного предданного мира или среды

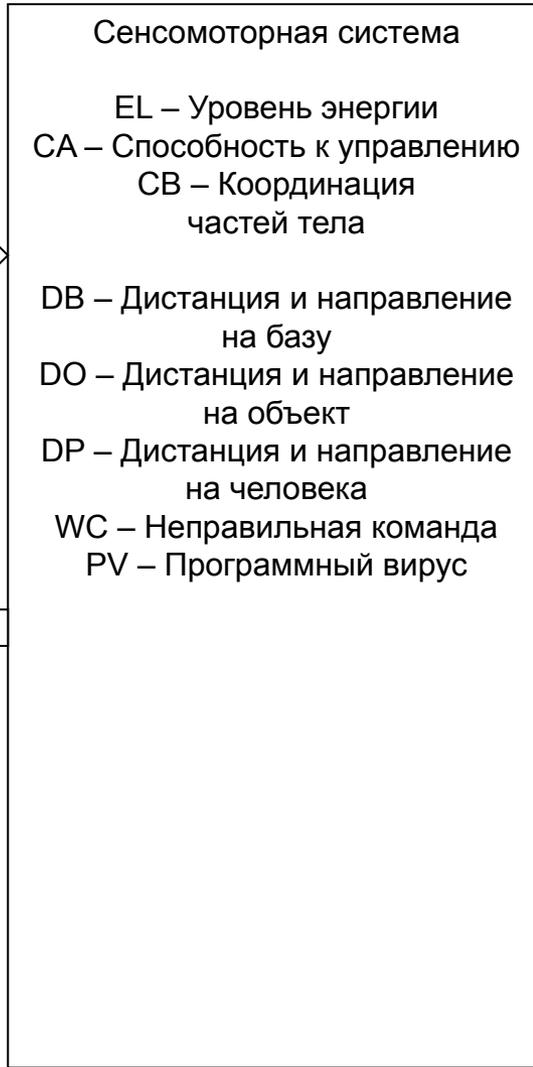
Явно не включает наблюдателя

Информация инструктивна

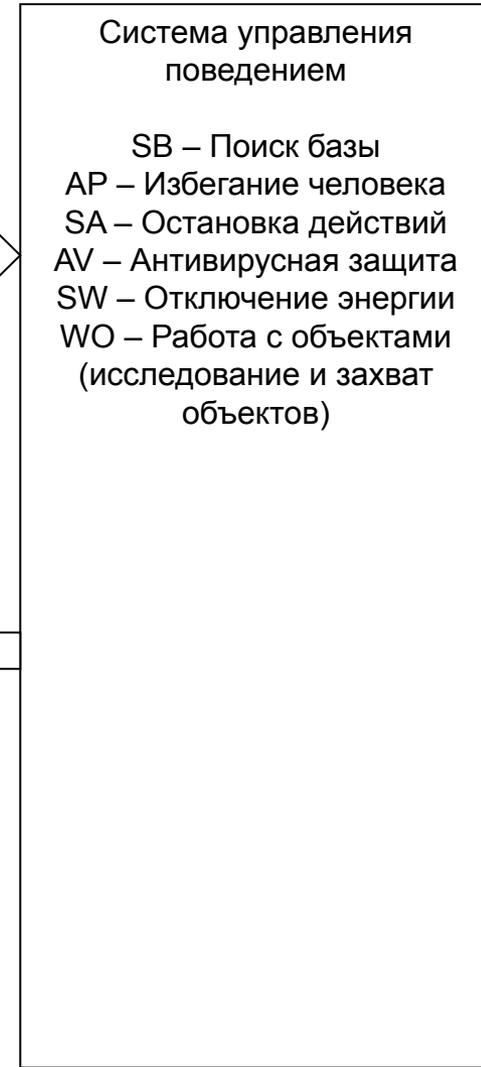
Создается с помощью определения



Динамическая среда



Гуманоидный робот



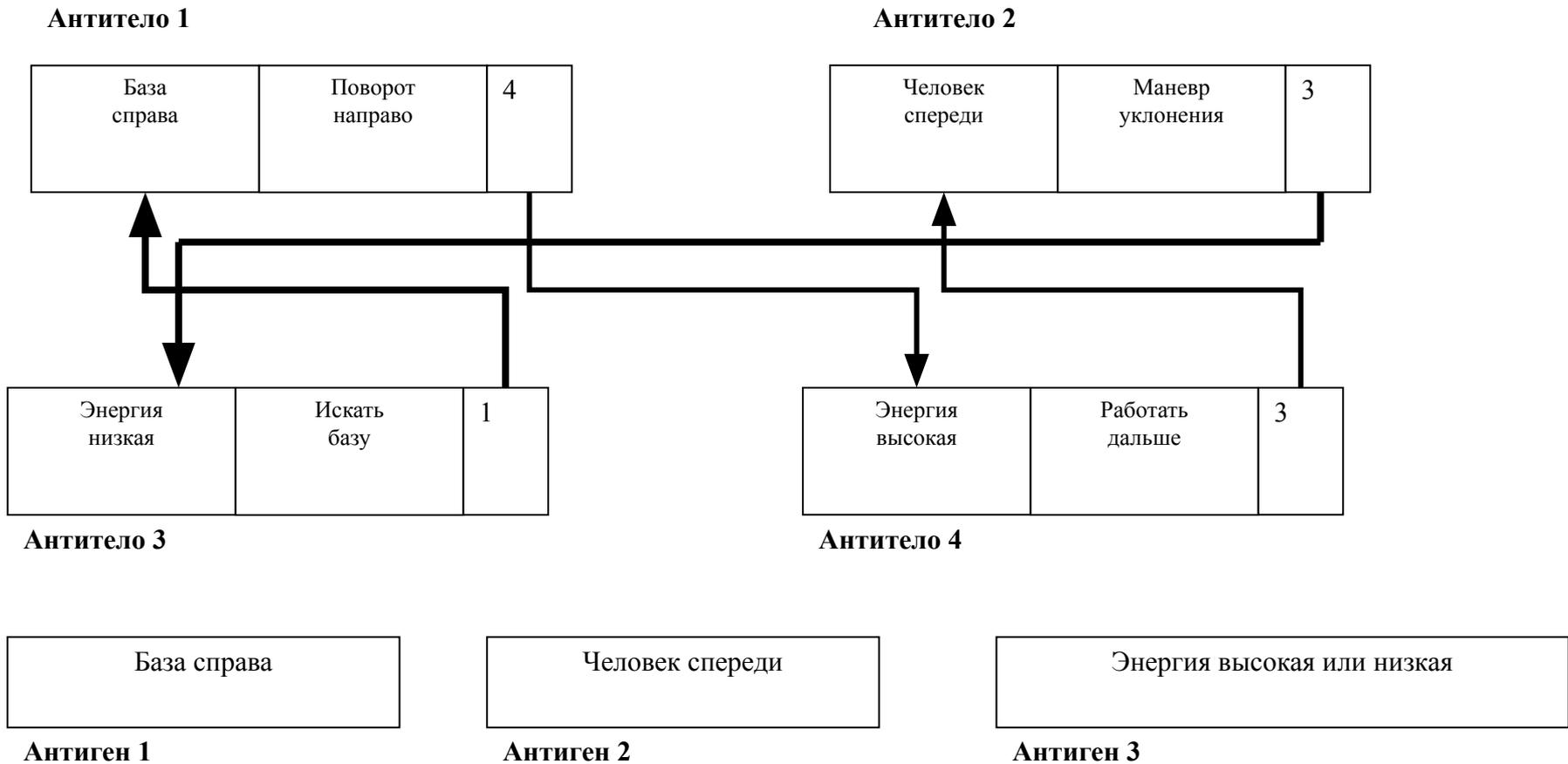


Рис.2. Пример сети взаимодействующих антител