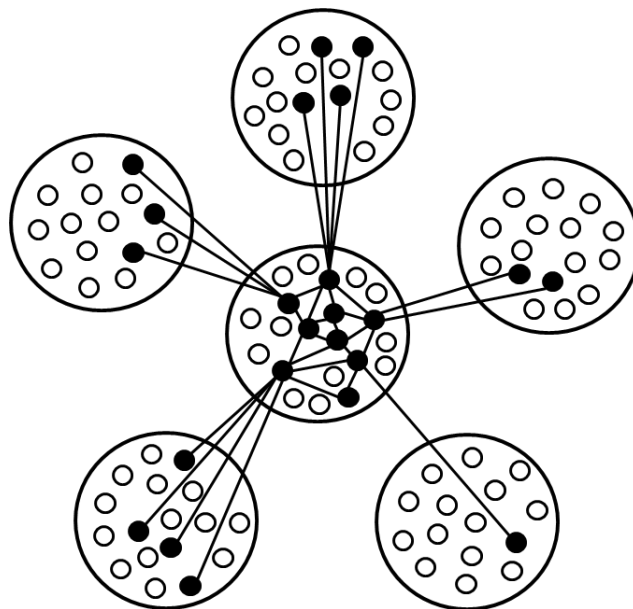


Как устроена универсальная разумная система?

Константин Анохин

НИЦ «Курчатовский институт»
Институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина



Позиция в настоящей лекции:

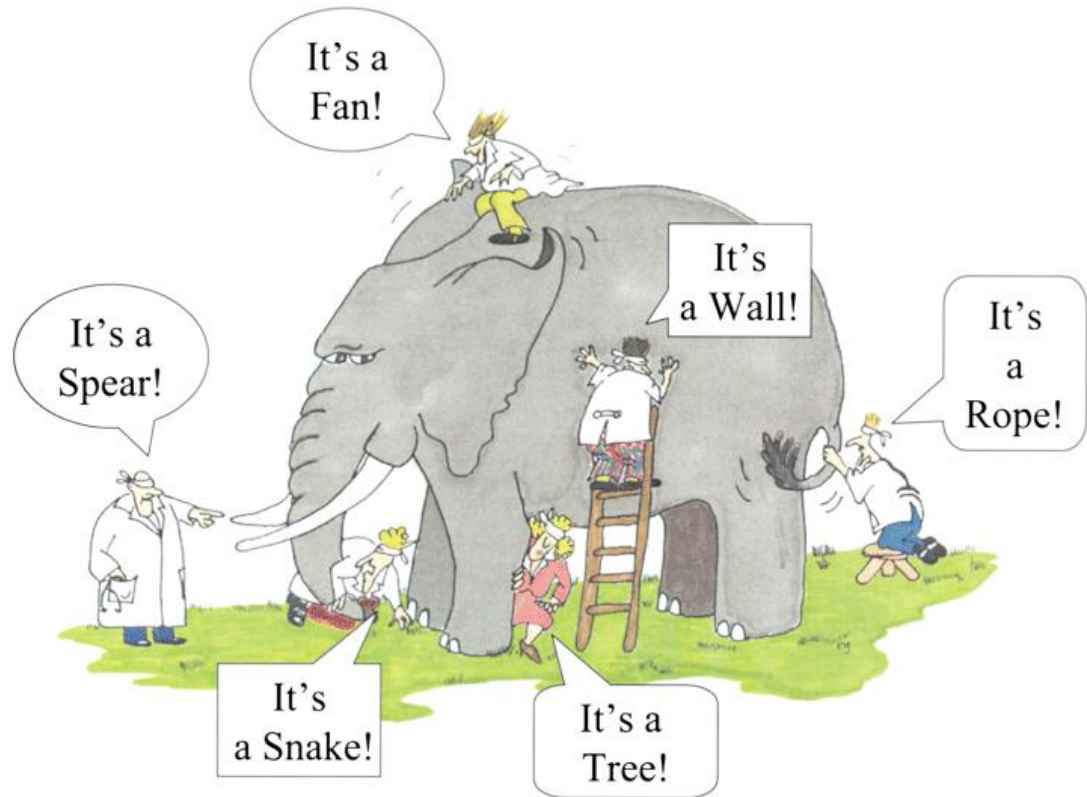


“Эта книга беззастенчиво теоретическая в своей позиции. Моя главная цель ... состоит в том, чтобы привлечь внимание даже экспертов в области биологии к тому факту, что теоретический каркас, в рамках которого мы предприняли усилия понять биологию, в радикальной степени не завершен.”

G.M.Edelman, *Topobiology*, 1988

Позиция в настоящей лекции:

Отдельная наука о поведении может декларироваться, но никогда не может быть окончательно построена – при таких попытках решение наиболее глубоких ее проблем окажется за ее пределами.



Науки о поведении недостаточно для понимания поведения

Определения: ПОВЕДЕНИЕ

Поведение – информационное соотношение комплексной адаптивной системы со средой.

Научное изучение поведение должно соответственно содержать объективное описание:

- закономерной организации комплексной адаптивной системы;
- закономерной организации среды;
- отношений между организацией организма и организацией среды.

NB!

1. Понятие «информация» в адаптивных системах связано с понятием «смысл» (meaning) или «ценность» (value).
2. Организация среды для адаптивной системы описывается в терминах трех пространств:
 - Пространство проблем
 - Пространство решений
 - Пространство возможностей

Определения: СИСТЕМЫ

1. Любой организм представляет собой **комплексную адаптивную систему – КАС** (“complex adaptive system” – CAS, J.Holland, 1989)

КАС - более общее понятие, чем биологический организм. Комплексными адаптивными системами могут являться надорганизменные сообщества, а также искусственно созданные системы.

2. **Функциональная система (ФС)** – организация элементов комплексной адаптивной системы, взаимодействующих достижению определенного ее результата.

Понятие «результата» является ключевым в теории функциональных систем. Это системообразующий фактор, по которому выделяется любая функциональная система.

-
- ✓ Любая комплексная адаптивная система (КАС) представляет собой комплекс из функциональных систем (ФС).
 - ✓ Комплексная адаптивная система осуществляет поведение за счет своих функциональных систем.

Определения: РАЗУМ

1. **Разум** – это накопленный комплексной адаптивной системой опыт ее информационных соотношений со средой.

*Опыт может накапливаться комплексной адаптивной системой за счет двух форм памяти – **генетической** и **нейрологической**.*

2. **Разумное поведение** – поведение, использующее данный опыт.

3. **Разумная система** – комплексная адаптивная система, способная к разумному поведению.

-
- ✓ Разумное поведение комплексной адаптивной системы (КАС) осуществляется за счет комплекса ее функциональных систем (ФС).
 - ✓ Разум – репертуар функциональных систем комплексной адаптивной системы.



Классическая теория функциональных систем

Теоретические каркасы и переходы между ними:

Теория высшей нервной
деятельности (поведения)



РЕФЛЕКСЫ



Теория функциональных систем



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



Расширенная теория
функциональных систем



КОГНИТИВНЫЕ ГРУППЫ
КОГНИТИВНЫЕ СЕТИ

Ответы на вопросы лекции:

Три **необходимых** и **достаточных** условия для возникновения разумной (когнитивной) системы в эволюции:

- Адаптивная система должна состоять из **функциональных систем**;
- Функциональные системы должны поселяться в **нервной сети**;
- Нервная сеть должна иметь **долговременную память**.



Разум будет эволюционно возникать всегда, при наличии этих трех условий

Ответы на вопросы лекции:

Любая разумная (когнитивная) система состоит из двух увязанных гиперсетей нервной системы:

- Сети функциональных систем (**α -когнитивных групп**)
- Сети метасистемных модулей (**β -когнитивных групп**)

Это две облигатных сети когнитивной системы.

Когнитивная система может также иметь третью, факультативную сеть:

- Сеть гиперсистемных комплексов (**γ -когнитивных групп**)

α - и β -когнитивные сети обуславливают **ПСИХИКУ** когнитивной системы;
 γ -когнитивная сеть обуславливает **СОЗНАНИЕ** когнитивной системы.

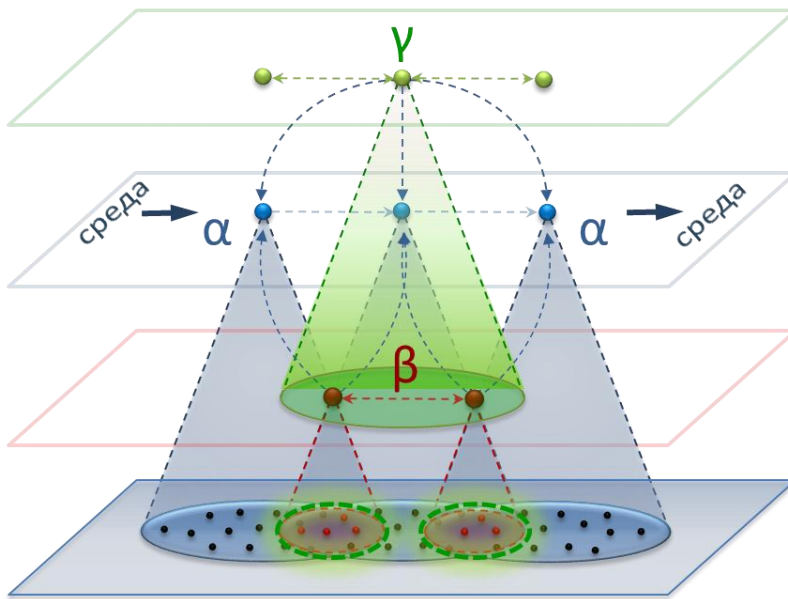
Разум как когнитом – основные понятия

№	Понятия	Принципы (аксиомы)	Утверждения
1	КОГ	Разум обладает зернистой структурой, он состоит из когов - элементарных единиц опыта, кодирующих соотношение целого организма с теми или иными аспектами мира.	Разум гранулярен
2	ЛОК	Элементы разума, <i>коги</i> , образуют между собой устойчивые связи – локи .	Разум увязан
3	КОГНИТОМ	<i>Ког</i> и <i>локи</i> образуют сеть – когнитом . Когнитом является носителем всего субъективного опыта организма.	Разум целостен

Разум **реален** – он способен вступать в информационно-каузальные взаимодействия, опосредующие соотношения организма с проблемной средой.

Ответы теории на три вопроса о мозге и разуме

№	Принципиальный вопрос	Принципиальный ответ
1	Что такое мозг?	Любой мозг – это сеть
2	Что такое разум?	Любой разум – это сеть
3	Как соотносятся мозг и разум?	Разум – это гиперсеть мозга



- Разум – это СТРУКТУРА;
- Разум – это МНОГОУРОВНЕВАЯ структура: сеть сетей нейрональных сетей;
- Сознание – это особый вид ТРАФФИКА в этой структуре.

Задачи теории – описание этих структур, их происхождения, функций и процессов в них.

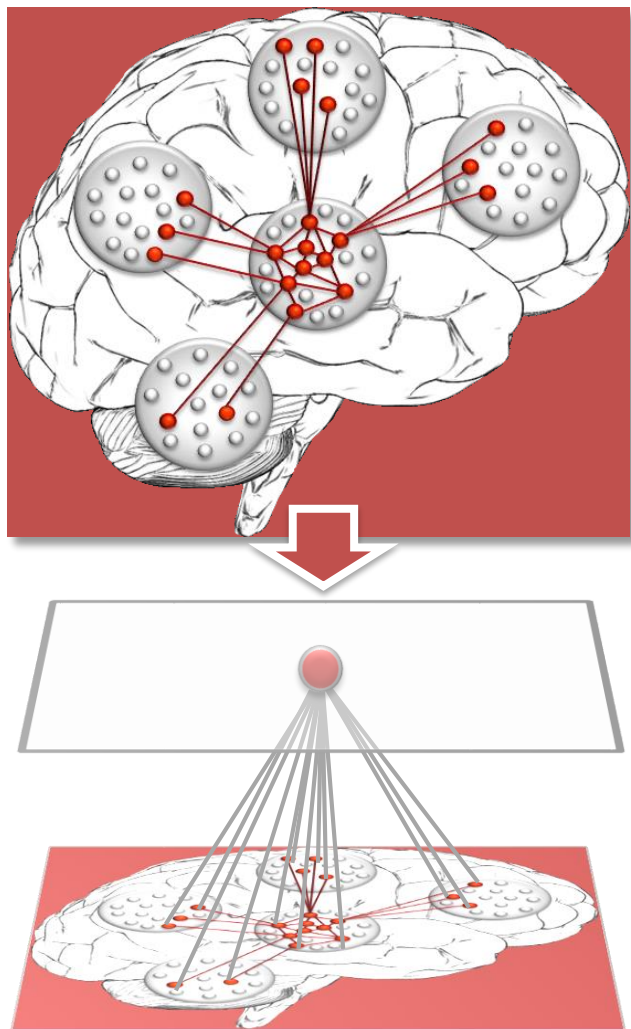
Что такое ког и и что такое когнитом?

Когнитом состоит из когнитивных частиц, **когов**.

Понятие «ког» имеет двойной смысл:

1. В английском языке «**cog**» – это подчиненная, но интегральная часть целой системы. **Ког** – единица качественно специфического опыта, ментальный элемент в совокупной системе когнитома.
2. **КОГ** – это когнитивная группа нейронов (**COgnitive Group** – **COG**), активность которой обуславливает данный специфический опыт.

Что такое КОГ и и что такое КОГНИТОМ?



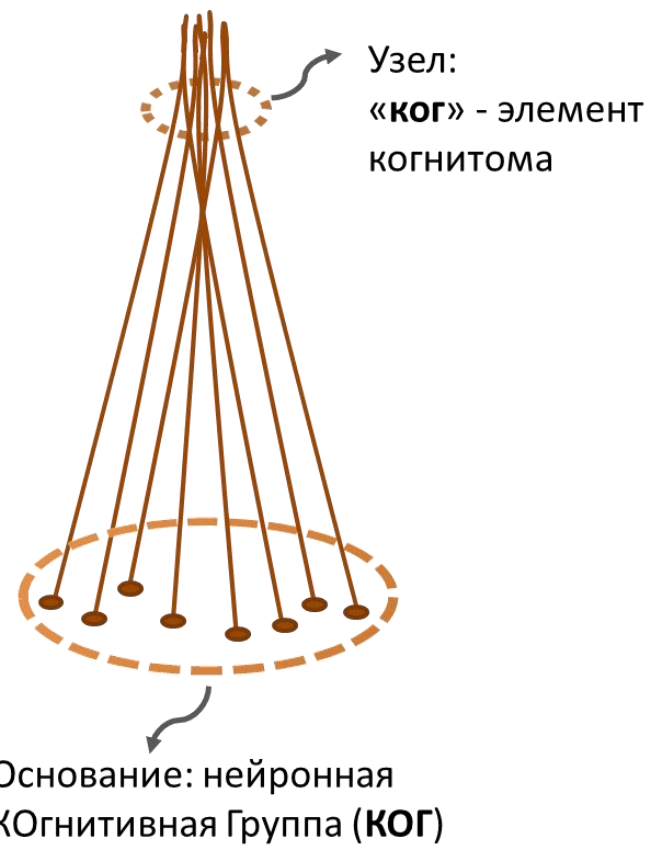
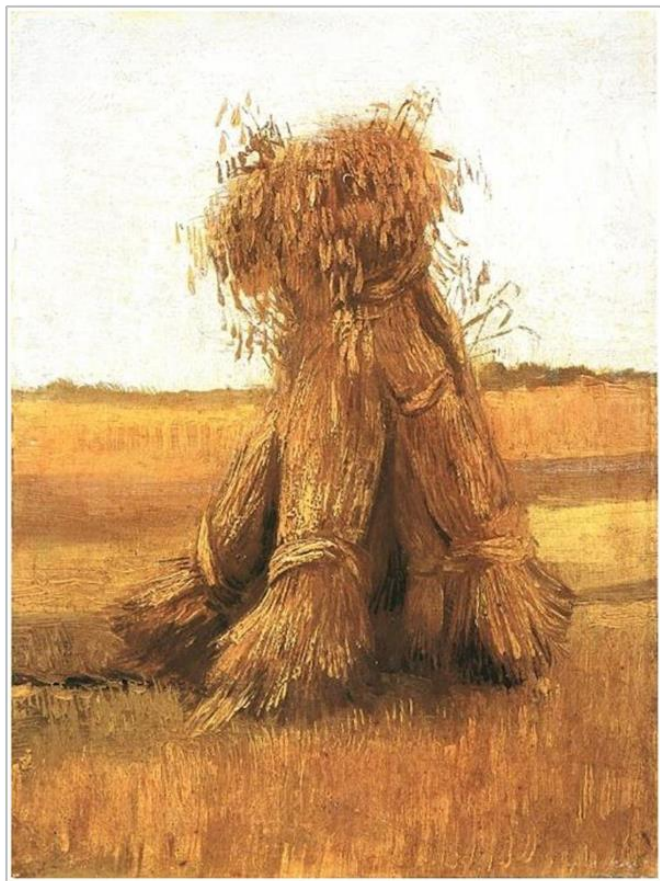
Ког - распределенная группа нейронов, сцепленная единым когнитивным опытом

“Cog” -

1. *A. any of a series of teeth on the rim of a wheel, for transmitting or receiving motion by fitting between the teeth of another wheel;*
B. a cogwheel
2. *a person or thing regarded as a minor but necessary part of the structure of an activity or organization.*

Когнитом – сеть из всех когнитивных элементов (КОГов) в данной нервной системе

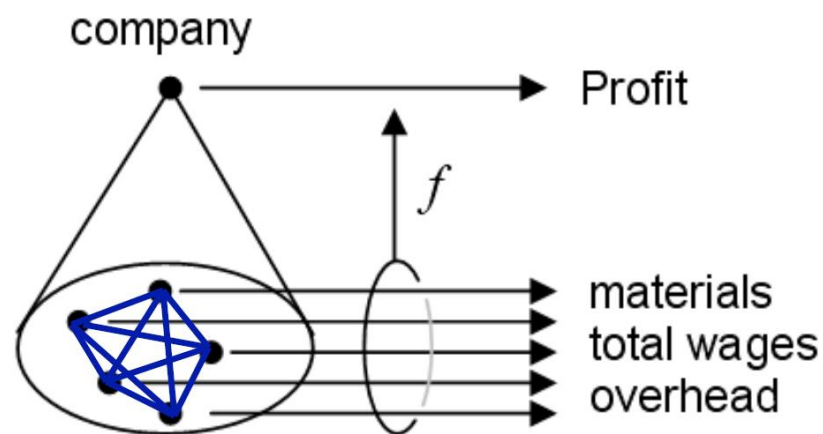
Любой ког может быть описан как сноп ...



или как гиперсимплекс в гиперсети...

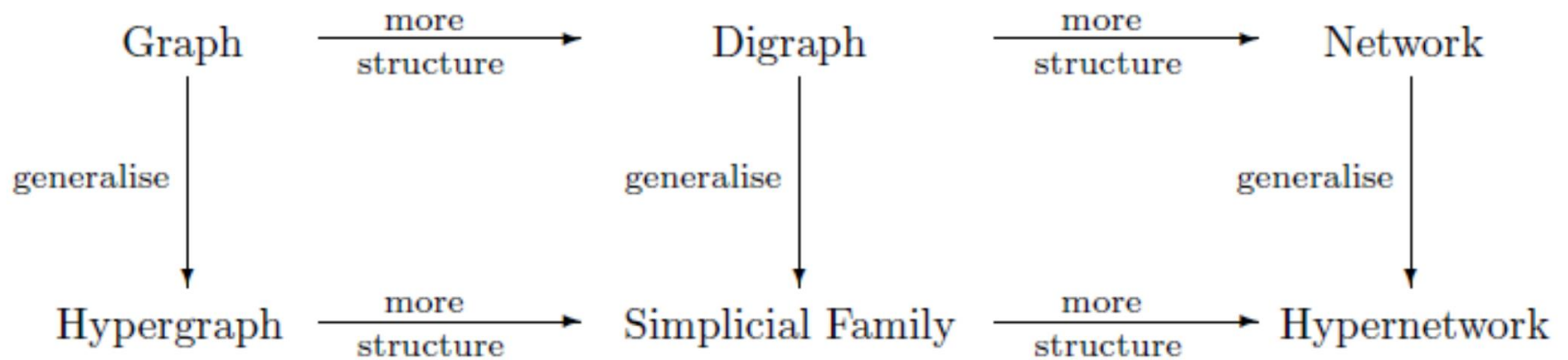
Гиперсети обобщают понятия сетей и гиперграфов и состоят из геометрических структур, известных как **реляционные симплексы** или **гиперсимплексы**.

Основание гиперсимплекса содержит множество элементов одного уровня, а его вершина образуется описанием их отношений и приобретает интегральные свойства, делающие ее элементом сети более высокого уровня.



Гиперсети это:

Гиперсети представляют собой естественное расширение графов, гиперграфов и сетей



Также как **КОГНИТОМ** не является результатом сложения представлений различных дисциплин когнитивной науки, также и **гиперсети** не вытекают из синтеза различных представлений науки о сетях. Это качественно иная теория.

Гиперсети – это сети сетей сетей...

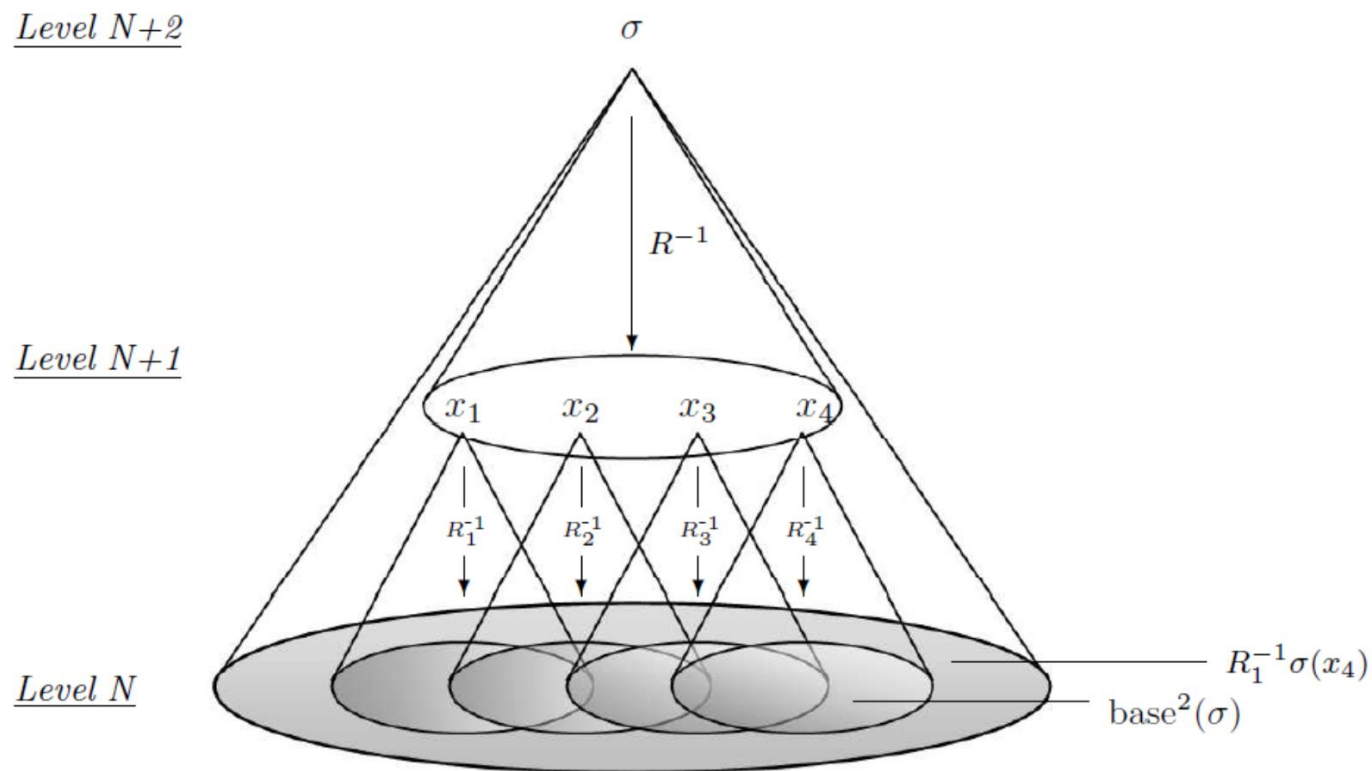
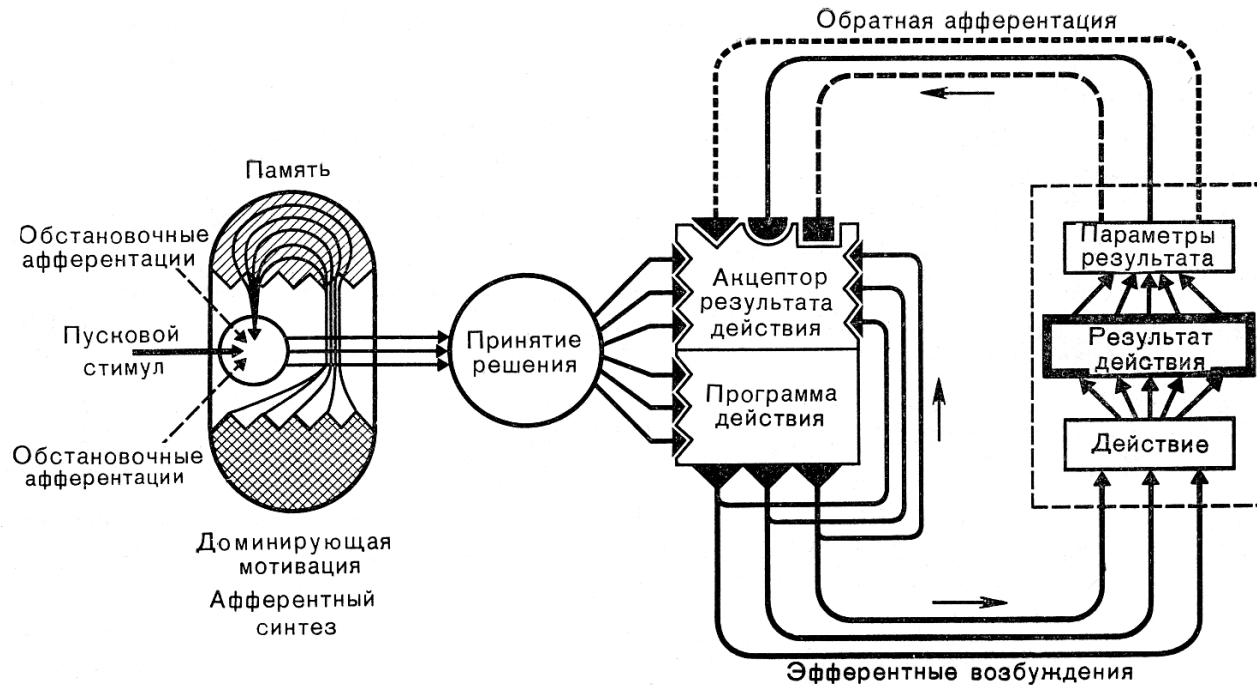


Fig. 9.10 $\text{base}^2\sigma = \bigcup_{x_i \in R^{-1}\sigma} R_i^{-1}\sigma(x_i)$

Виды когнитивных групп: α -коги

α -коги – это классические функциональные системы

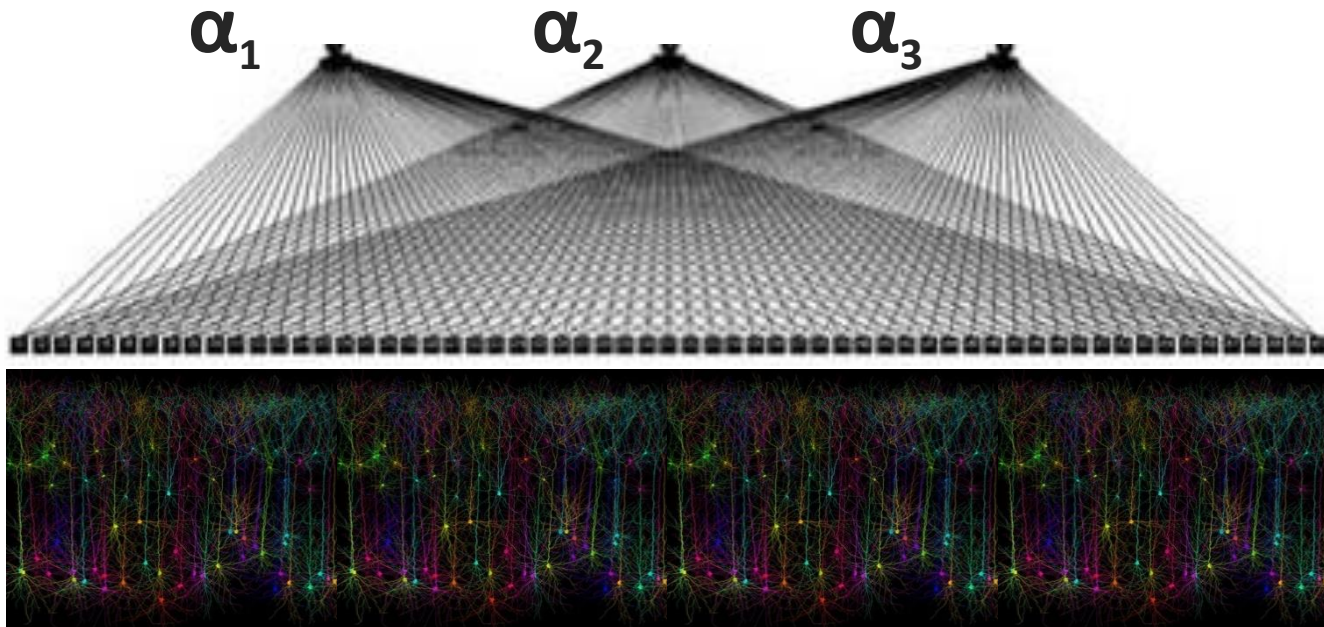
- α -коги обладают операциональной архитектурой
- α -коги выделяются по результату для целого организма



Виды когнитивных групп: *α -коги*

α -коги – это классические функциональные системы

- *α -коги* обладают операциональной архитектурой
- *α -коги* выделяются по результату для целого организма
- *α -коги* имеют распределенную локализацию в мозге



Когнитом:

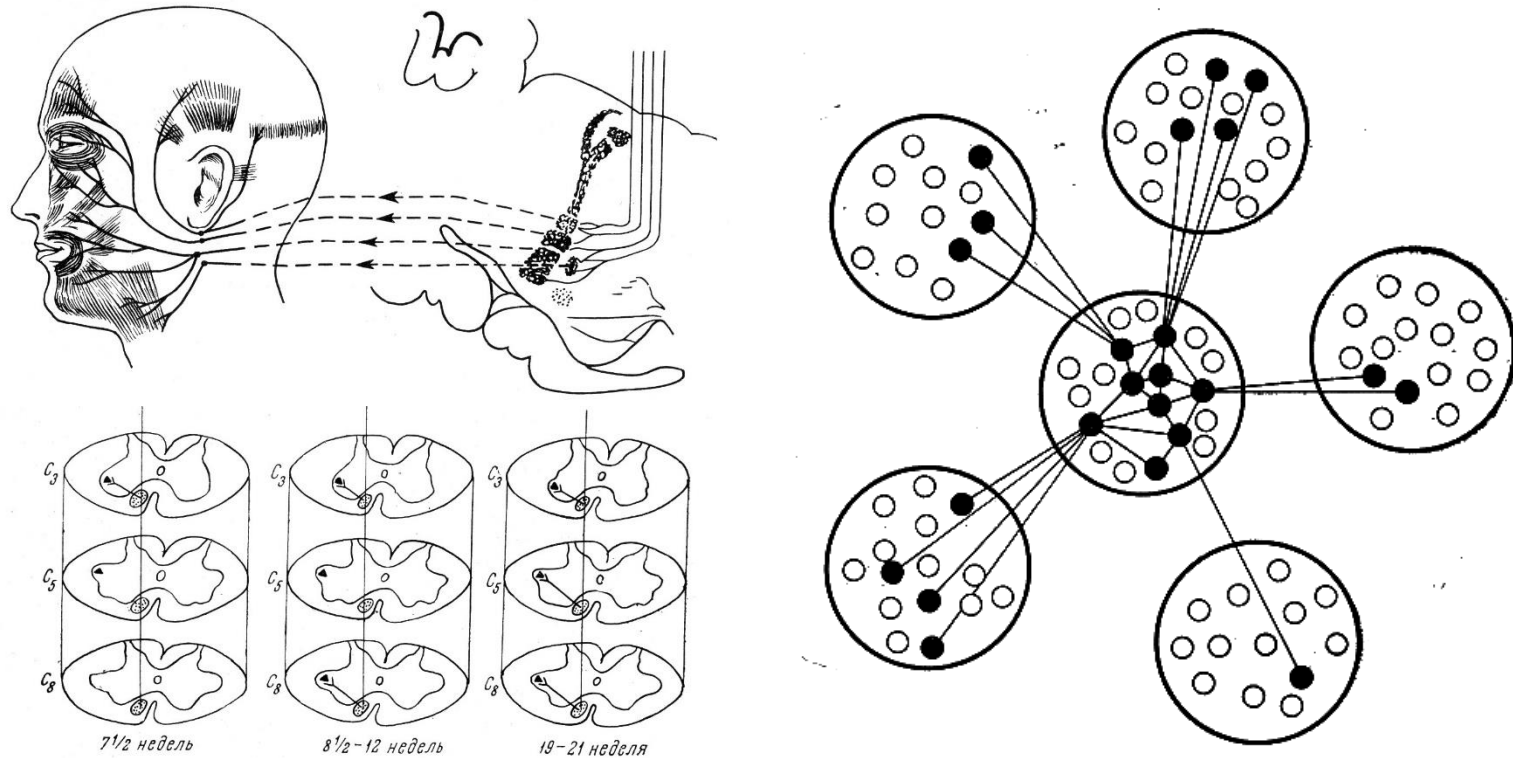
α -коги

(функциональные системы)

Коннектом:

нейроны

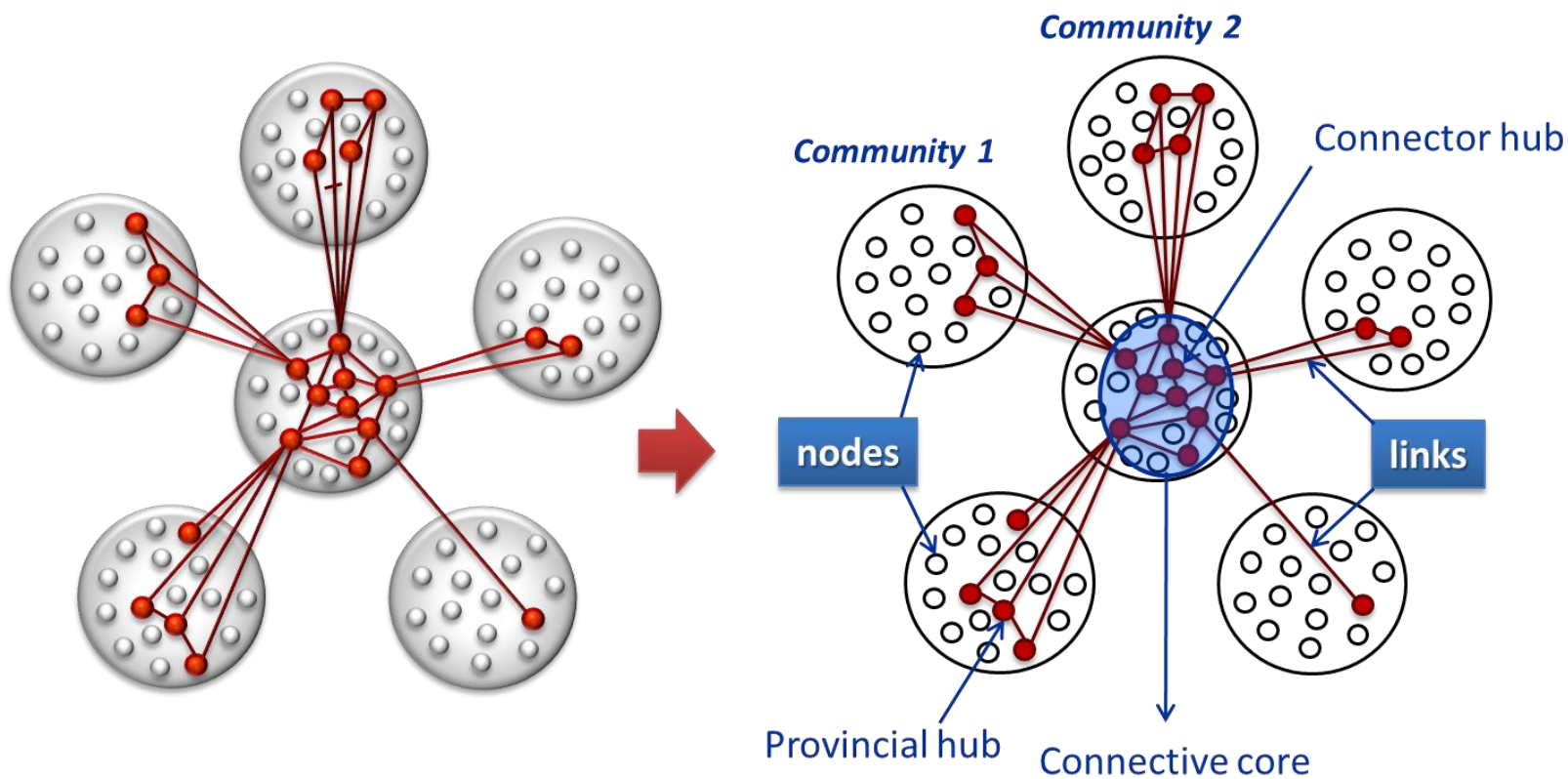
Теория функциональных систем



"Composition of the functional system cannot be defined by any anatomical principle. On the contrary, various "anatomical systems" can be involved and cooperate by their synchronous activation during execution of a particular function of an organism."

P.K.Anokhin (1937)

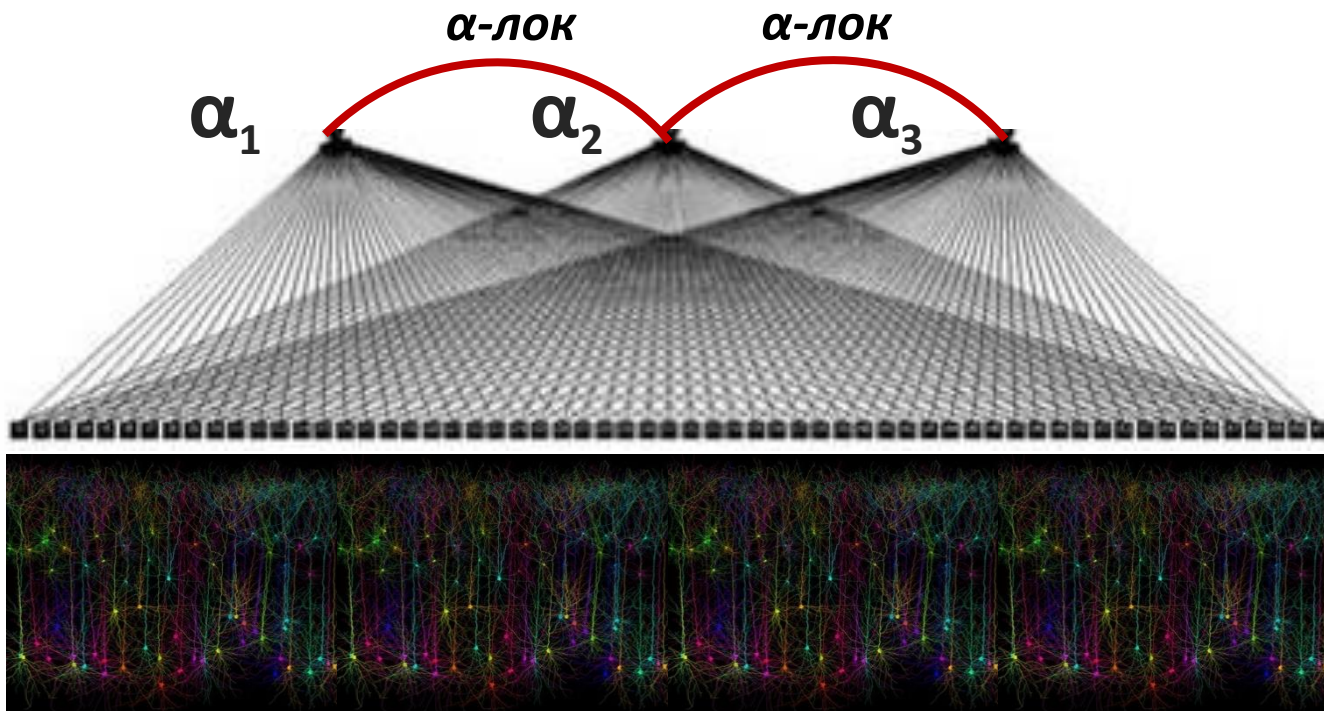
Функциональные системы могут быть описаны как графы



α -коги образуют связи - α -локи

α -коги – это классические функциональные системы

- α -коги обладают операциональной архитектоникой
- α -коги выделяются по результату для целого организма
- α -коги имеют распределенную локализацию в мозге
- α -коги образуют связи друг с другом - α -локи



Когнитом:

α -коги

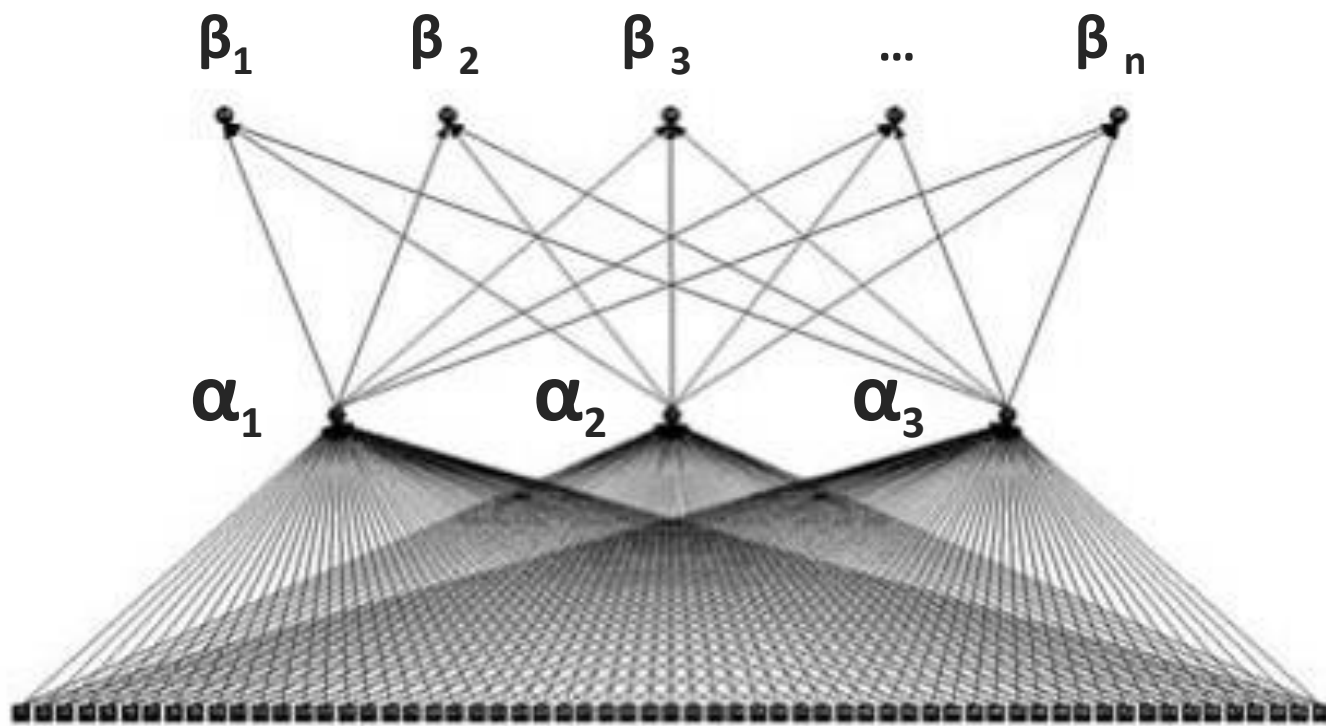
(функциональные системы)

Коннектом:

нейроны

β -когни возникают в результате суперпозиции α -когзов

β -когни – это классические нейронные ансамбли



Когнитом, слой II:

β -когни

(элементы для
феноменального
опыта)

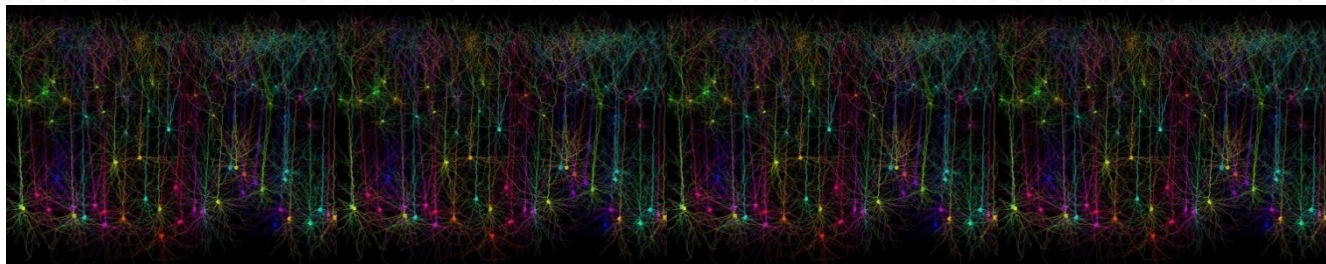
Когнитом, слой I:

α -когни

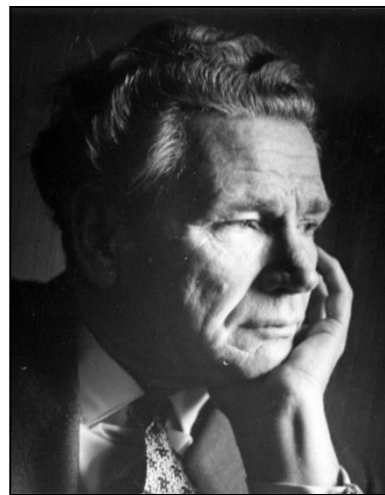
(функциональные
системы)

Коннектом:

нейроны



Концепция когов обобщает представления теории **функциональных систем** П.К.Анохина (1935) и теории **клеточных ансамблей** Д. Хебба (1949), выводя возникновение вторых из активности и эволюции первых.



П.К.Анохин
(1898-1974)



D.O.Hebb
(1904-1985)

Этим она также объединяет традиции движения к когнитивным структурам с одной стороны от биологии и адаптивных физиологических интеграций (*русские психофизиологические школы*), а с другой – от психологических феноменов и функций (*англо-американские психофизиологические школы*).

γ -коги возникают за счет интеграции β -когов

Уровень $K+1$

(гипер-
когнитивные
группы)

Квалоны
(гиперкоги)

Уровень K

(прото-
когнитивные
группы)

Опероны
(протокоги)

Уровень $K-1$

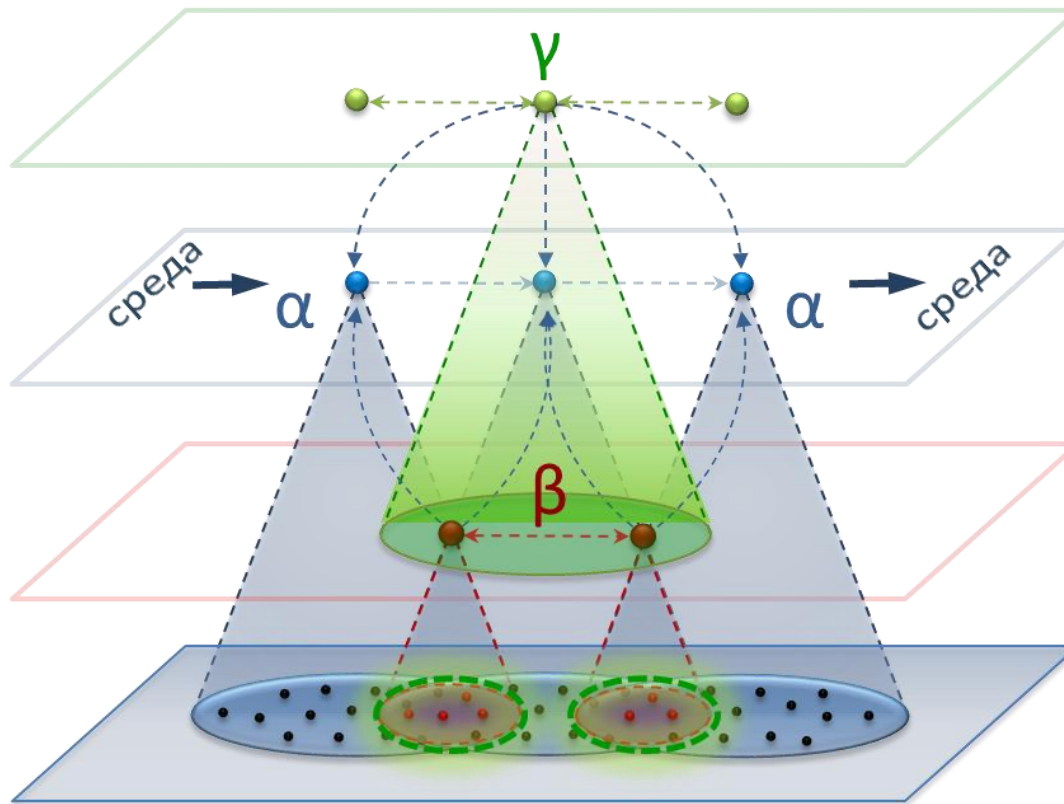
(мета-
когнитивные
группы)

Псионны
(метакоги)

Уровень N

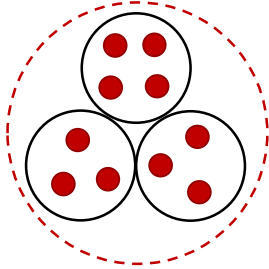
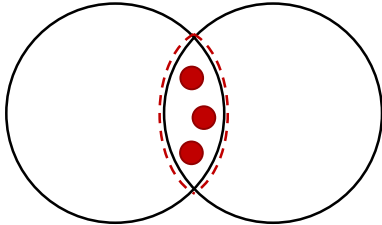
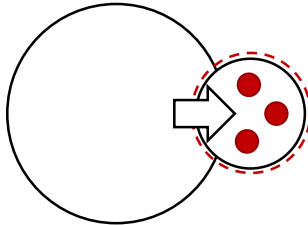
(нейронная сеть)

Нейроны



Трехслойная структура когнитивного сознания,
обеспечивающего сознание

Резюме: Генеративные правила для когов

Ког	Правило генерации	Множество
γ -коги (квалон)	Образуются путем ИНТЕГРАЦИИ когов: <i>гипергруппа</i>	
β -коги (псион)	Образуются путем СУПЕРПОЗИЦИИ когов: <i>метагруппа</i>	
α -коги (оперон)	Образуются путем ПРОЛИФЕРАЦИИ когов: <i>протогруппа</i>	

Теория когнитома – вопросы для исследования

ВОПРОСЫ	α	β	γ
ВОПРОСЫ СТРУКТУРЫ			
Ког и его специфические когнитивные свойства	+	+	+
Кодирование когов как нейронных когнитивных групп	+	+	+
Кодирование связей между когами	+	+	+
ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ			
Как коги возникают при обучении?	+	+	+
Как коги возникают при развитии нервной системы?	+	+	
Как коги возникают в эволюции?	+	+	
Как возникают связи между когами в когнитоме?	+	+	+

«Круговая ловушка» в биологии

“Можно доказать, что следующие три проблемы: 1) как нервная система организуется во время эмбриогенеза, 2) как она действует, обеспечивая врожденные реакции каждого вида, и 3) как она реорганизуется в конце концов в результате воздействия жизненного опыта, тесно связаны между собой.



Если эта мысль правильна, то решение любой из этих проблем будет означать, что ответ на остальные упадет в наши протянутые руки как спелая слива.” **Robert Galambos (1961)**



Проблемы: 1) как нервная система организуется во время эмбриогенеза, 2) как она действует, обеспечивая врожденные реакции каждого вида, и 3) как она реорганизуется в конце концов в результате воздействия жизненного опыта, тесно связаны между собой и образуют “круговую ловушку”.



Решение любой из этих проблем невозможно без предварительного ответа на остальные.

«Круговая ловушка» в биологии



“A trio of related problems – the development of form, the evolution of form and the morphologic and functional bases of behavior – embraces the main unsolved riddles to be confronted by modern biology. It may seem strange that I link behavior to the other two problems, but I believe that behavior is in fact the continuing aspect of development and one that sharply affects natural selection for animal form.”

G.M.Edelman, *Topobiology*, 1988



Отдельная наука о поведении может декларироваться, но никогда не может быть окончательно построена – при таких попытках решение наиболее глубоких ее проблем окажется за ее пределами.

Благодарю за внимание!