

На пути к исследованию КОГНИТИВНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

НИИ системных исследований РАН

Редько Владимир Георгиевич
vgredko@gmail.com

Предисловие (глобалистика): перспективные направления развития человеческого сообщества

- 1. Поиск путей к построению всемирного государства**
- 2. Налаживание взаимопонимания между различными странами и народами**
- 3. Развитие научного миропонимания**
- 4. Разработка научных основ всемирного разоружения**

Подробнее об этих направлениях см. статью

Редько В.Г. «Будущее России, будущее человечества»

Статья представлена на сайте С.П. Курдюмова:

<http://spkurdyumov.ru/>

<http://spkurdyumov.ru/future/budushhee-rossii-budushhee-chelovechestva/>

Одно из направлений развития научного миропонимания — исследование когнитивной эволюции, т.е. эволюции познавательных способностей биологических организмов

Гносеологическая проблема: почему логический вывод, сделанный человеком, можно использовать в познании природы?

**Математики доказывают теоремы. Делается это
формальным логическим путем, казалось бы совсем
независимо от реальной физической природы.**

**Математика эффективно применяется в физике. Почему
результаты, полученные формальным логическим путем,
применимы к физическим объектам в природе?**

Почему математика применима к физике?

Кто думал над такими вопросами

Иммануил Кант — провел исследование познавательных процессов в приближении фиксированного мышления взрослого человека («Критика чистого разума», 1781 г.)

Рассудок человека априорен, поэтому *«...рассудок не черпает свои законы (a priori) из природы, а предписывает их ей»*

Конрад Лоренц — от кантовской доктрины априорного к эволюционной теории познания (1941 г.)

Рассудок человека произошел в процессе биологической эволюции, он не априорен, а имеет эмпирические корни

Подход к исследованию гносеологической проблемы

Исследовать происхождение логического мышления, интеллекта человека путем построения математических и компьютерных моделей когнитивной эволюции.

Проследить весь путь биологической эволюции от простейших до человека, анализируя с помощью моделей, как на этом пути возникали способности познания закономерностей природы.

Аналогия

Математик (при доказательстве теорем): правило *modus ponens*: «если имеет место A , и из A следует B , то имеет место B », или

$$\frac{A, A \rightarrow B}{B}$$

Собака (после выработки условного рефлекса):

$$\frac{УС, УС \rightarrow БС}{БС}$$

УС – условный стимул, БС – безусловный стимул

Правила логического вывода достаточно хорошо формализованы

Математическая теория логического вывода (под ред. А.В. Идельсона и Г.Е. Минца). М.: Наука, 1967.

В основе этих правил – элементарные правила, такие как *modus ponens*

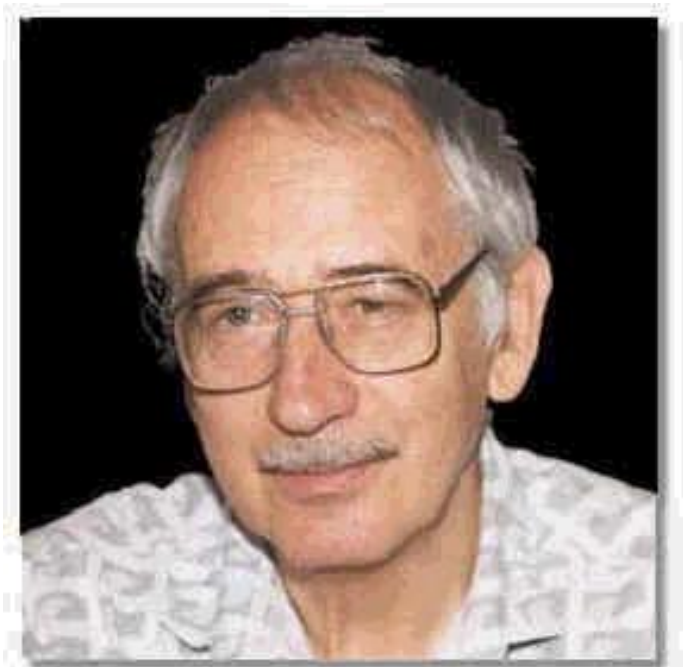
Пример исследования:

**Генцен Г. Исследования логических выводов.
Непротиворечивость чистой теории чисел (1930-е годы) //**
**Математическая теория логического вывода. М.: Наука, 1967. С. 9-76,
77-153**

Попытка пересмотра оснований математики

Анализ возможности построения **теории предиктивных логических правил** в контексте теории множеств и кибернетического подхода к обоснованию математики:

Turchin V.F. A constructive interpretation of the full set theory // Journal of Symbolic Logic, 1987. V. 52. No. 1. PP. 172 -201



В.Ф. Турчин. Феномен науки:

**Кибернетический подход к эволюции —
М.: Наука, 1993 (1-е изд.). М.: ЭТС, 2000
(2-е изд.):**

<http://www.refal.net/turchin/phenomenon/>

Заделы исследований когнитивной эволюции

Адаптивное поведение: конструирование и исследование искусственных «организмов» (в виде компьютерной программы или робота), способных приспосабливаться к внешней среде

Искусственная жизнь: анализ и моделирование формальных принципов организации биологической жизни.

Когнитивные архитектуры: исследования структур и принципов функционирования познающих систем, которые можно использовать в искусственном интеллекте.

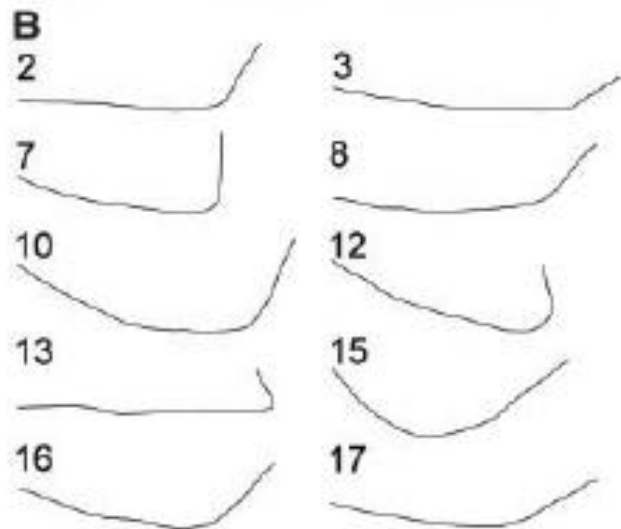
Научные основы искусственного интеллекта

Общее для этих заделов: Строятся и исследуются модели автономных когнитивных агентов

Новокаледонские вороны могут изобретать способ изготовления орудий труда



Двум воронам (молодой самке и самцу постарше) предлагали добывать ведро с пищей прямой проволокой и проволокой, согнутой крючком. Вороны сразу поняли, что ведро можно вытащить с помощью крючка.



Однажды самец утащил крючок. Тогда самка быстро научилась делать из прямой проволоки крючок, зажимая один конец проволоки в щели и загибая проволоку.

Weir A.A.S., Chappell J., Kacelnik A.
Science. 2002. V. 297. P. 981-983

Контурь программы будущих исследований когнитивной эволюции

- Исследование моделей адаптивного поведения автономных агентов с несколькими естественными потребностями: питания, размножения, безопасности
- Исследование перехода от физического уровня обработки информации в нервной системе животных к уровню **обобщенных образов**, уровню понятий (аналогов слов)
- Исследование процессов формирования **причинной связи** в памяти животных. Например, связи между условным стимулом (УС) и следующим за ним безусловным стимулом (БС). Анализ роли прогнозов в адаптивном поведении
- Исследование процессов формирования **логических выводов в «сознании» животных**
 $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$ – аналог modus ponens

Модель автономных агентов с естественными потребностями: питание, размножение, безопасность

**Коваль А.Г., Редько В.Г. Поведение модельных организмов,
обладающих естественными потребностями и мотивациями
// Математическая биология и биоинформатика
(электронный журнал), 2012, Т. 7. № 1. С. 266-273.
URL: [http://www.matbio.org/2012/Koval2012\(7_266\).pdf](http://www.matbio.org/2012/Koval2012(7_266).pdf)**

Описание модели

Агенты имеют потребности питания, размножения, безопасности. Каждой потребности соответствовала своя мотивация. Имелись факторы потребностей F_F , F_S и F_R и пороги этих факторов T_F , T_S , T_R . При превышении фактором порога потребность удовлетворялась.

Иерархия мотиваций: 1) питание, 2) безопасность 3) размножение.

Система управления агента – правила вида: $S \rightarrow A$.

Ситуация S определялась наличием активного хищника, ведущей мотивацией, предыдущим действием агента. Ведущая мотивация выбиралась из неудовлетворенных в соответствии с иерархией.

Действия A агента: 1) поиск пищи, 2) питание, 3) подготовка к размножению, 4) размножение, 5) оборона от хищника, 6) покой.

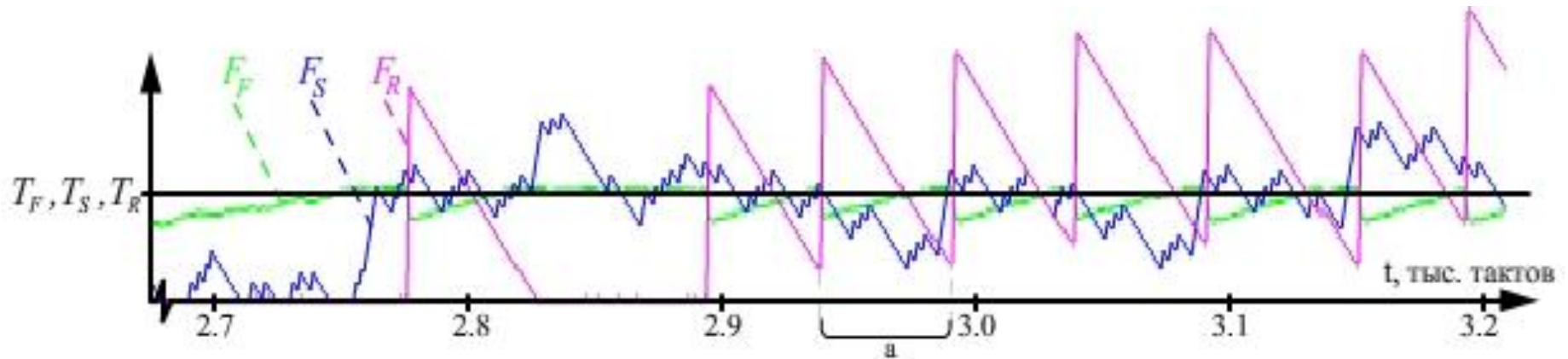
Факторы обычно медленно уменьшались, но возрастали при выполнении полезных действий, соответствующих ведущей мотивации.

Веса правил формировались методом обучения с подкреплением.

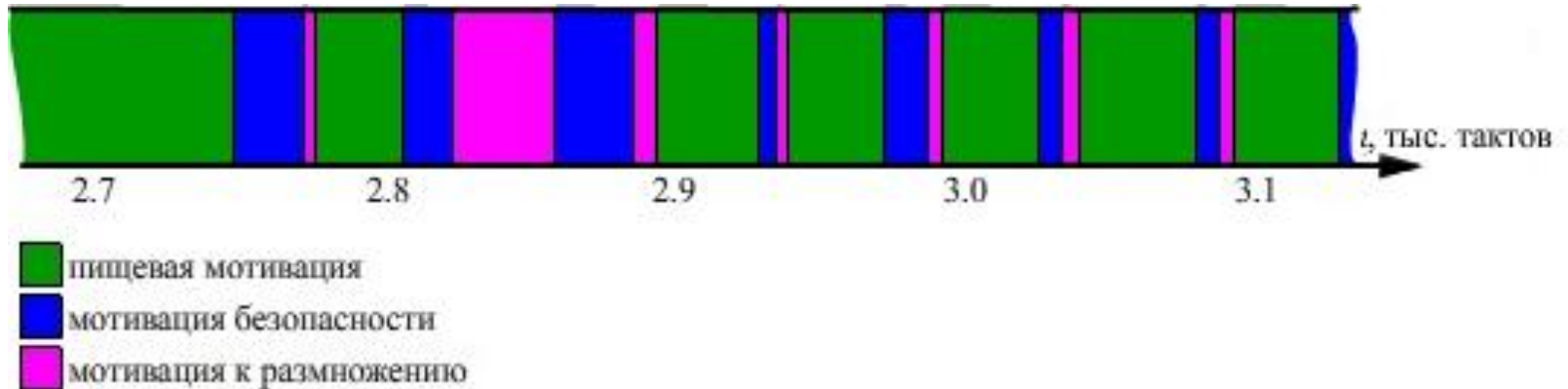
Вес правила увеличивался при увеличении фактора ведущей мотивации. Действия выбирались в соответствии с весами правил.

Результаты моделирования

Динамика факторов F_F , F_S и F_R , соответствующих потребностям агента; T_F, T_S, T_R – пороги факторов



Динамика ведущих мотиваций



Формирование внутренних понятий

Описание модели

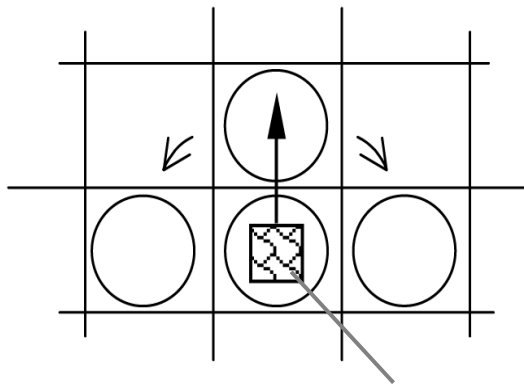
Автономный агент ведет поиск пищи в двумерной клеточной среде.

Система управления агента – набор правил вида: $S \rightarrow A$.

Ситуация S определяется наличием или отсутствием пищи в поле зрения агента.

Действия агента A : двигаться вперед, поворачиваться направо или налево, питаться, отдыхать.

Веса правил настраиваются методом обучения с подкреплением. Действия выбирались в соответствии с весами.



Агент

Стрелка показывает направление вперед, кружки – поле зрения агента

Формирование внутренних понятий

Результаты моделирования

Поведение самостоятельно обучившегося агента:

Действие *питание* выполняется, если имеется пища в той клетке, в которой находится агент. Действия *перемещение вперед* либо *поворот направо/налево* выполняются, если нет пищи в той клетке, в которой находится агент, но **имеется пища в клетке впереди агента либо в клетке справа/слева от агента.**

Вычислялось среднее число применений определенного действия для той или иной ситуации.

Показано, что автономный агент самостоятельно формировал внутренние понятия «имеется пища в моей клетке», «имеется пища в клетке впереди меня», «имеется пища в клетке справа/слева от меня».

Что моделировать дальше?

Биологические корни творческого поиска

**Непомнящих В.А. Адаптация к решению частных задач и
«глобальные» цели в поведении животных //**
Нейроинформатика (электронный журнал).
2012. Т.6. №1. С. 12-22.

URL: <http://www.niisi.ru/iont/ni/Journal/V6/N1/>

**В поведении животных постоянно присутствует цель,
независимая от частных задач: достижение определенного
баланса между поиском новой, непредсказуемой стимуляции
и стремлением к предсказуемости результатов своего
поведения**

Предпосылки творческой активности

Мы с В.А. Непомнящих начали строить модель поисковой активности рыбок данио рерио, изучающих простые лабиринты и строящих когнитивные карты лабиринтов

Дальняя цель – связать эти предпосылки с творческой активностью ученого

Перспективы моделирования происхождения логики, мышления, интеллекта

Контурь программы будущих исследований когнитивной эволюции

- Исследование моделей адаптивного поведения автономных агентов с несколькими естественными потребностями: питания, размножения, безопасности
- Исследование перехода от физического уровня обработки информации в нервной системе животных к уровню **обобщенных образов**, уровню понятий (аналогов слов)
- Исследование процессов формирования **причинной связи** в памяти животных. Например, связи между условным стимулом (УС) и следующим за ним безусловным стимулом (БС). Анализ роли прогнозов в адаптивном поведении
- Исследование процессов формирования **логических выводов в «сознании» животных**
 $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$ – аналог modus ponens

Картина когнитивной эволюции пока только чуть-чуть видна

Пункты программы очерчивают круг исследований от моделирования простейших форм поведения к логическим правилам, используемым в математике.

Анализ известных моделей показывает, что уже имеются отдельные элементы, соответствующие каждому из пунктов.

Образно говоря, у нас уже есть очень маленькие фрагменты картины, но мы еще не видим всей картины.

Четкой последовательности серьезных, канонических моделей, которые показывали бы общую картину происхождения логического мышления, пока еще нет.

Моделирование когнитивной эволюции — перспективное междисциплинарное направление исследований

Это направление связано с широким кругом дисциплин:

- **с основаниями науки, основаниями математики,**
- **с теорией познания,**
- **с анализом познавательных способностей
биологических организмов,**
- **с когнитивными исследованиями,**
- **с научными основами искусственного интеллекта.**

Спасибо за внимание!