DOI: 10.17117/na.2015.12.02.160

Поступила (Received): 20.12.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.160.pdf>

Прокопчук Ю.А. Модельный анализ энтропии и высокой упорядоченности мозга при решении задач

Prokopchuk Yu.A. Model analysis of the entropy and high order of the brain in the solution of problems

Биофизический и модельный вывод о том, что мозг обладает запасом упорядоченности, превосходящим информационную сложность решаемых им задач, позволяет сделать предположения о возможной роли этого явления в биологической эволюции нервной системы. На основе парадигмы предельных обобщений предложена формальная модель «стрелы познания», которая показывает, каким образом нервная система переходит на более высокий уровень упорядоченности в рамках любой задачи различения

Ключевые слова: парадигма предельных обобщений, эволюция когнитивных функций, мышление, решение задачи, энтропия

Прокопчук Юрий Александрович

Старший научный сотрудник

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Украина, г. Днепрпетровск, ул. Лешко-Попеля, 15

The biophysical and model conclusion that the brain has a redundancy of order that exceeds the information complexity of the problems that it solves suggests a possible role of this phenomenon in the biological evolution of the nervous system. Based on a paradigm of limiting generalizations, a formal model of "cognition arrow" is proposed, which shows how the nervous system passes to a higher level of order in the framework of any recognition problem

Key words: paradigm of limiting generalizations, cognitive evolution, cognition, information, entropy, problem solving

Prokopchuk Yuriy Aleksandrovich

Senior Researcher

Institute of technical mechanics of the national academy of sciences of Ukraine

Ukraine, Dnipropetrovsk, Leshko-Popel st., 15

Введение.

На страницах Российского журнала когнитивной науки [1] развернулась оживленная дискуссия относительно того, что за решение (когнитивной) задачи надо заплатить увеличением энтропии мозга, то есть снижением его упорядоченности. Поэтому если мозг не обладает некоторым запасом упорядоченности, он просто не сможет решить задачу. Биофизический вывод о том, что мозг обладает запасом упорядоченности, превосходящим информационную сложность решаемых им задач, позволяет сделать предположения о возможной роли этого явления в биологической эволюции нервной системы [1]. Теория самоорганизующихся адаптивных систем предполагает, что способность снижать неопределенность внешней среды должна быть вообще присуща биологическим

организмам [2]. Вопрос о том, что следует понимать под «высокой упорядоченностью мозга» активно дискутируется [1, 2].

Целью исследования является поиск ответов на поставленные вопросы с позиций парадигмы предельных обобщений [3 – 5].

Результаты исследования. Предполагается, что произвольную ситуацию действительности (прецедент, систему, процесс, образ) можно описать с помощью множества элементарных тестов, представимых в виде «тест = значение». Результаты любого теста τ могут выбираться из разных доменов T (множеств значений со связями), которые образуют ациклический орграф доменов $G(\tau) = \{T \rightarrow T'\}$. Триада $(T \rightarrow T')$ является базовым конструктом смысла. В совокупности орграфы доменов образуют Банк тестов $\{G(\tau)\}$. Различные комбинации доменов для всех тестов определяют различные уровни общности описания ситуаций действительности. Банк тестов вместе с орграфами набросков образов [3, 4] обеспечивает переход от физической реальности к феноменологическому пространству (ФП) и служит системой координат произвольного ментального многообразия ФП.

Для решения Z-задачи различения/управления формируется множество прецедентов с известными исходами $\Omega = \{\alpha(\{\tau/T, \underline{z}/Z)\}$, где $Z = \{1, \dots, N\}$ – множество заключений; $\{\tau/T\}$ – множество значений тестов, с помощью которых описываются прецеденты; $\underline{z}/Z$ – исход. Без потери общности примем, что каждый тест входит в описание прецедента (ситуации действительности) один раз. Через $\Omega(\{\tau/T_0\}, Z)$ обозначим априорные описания прецедентов. Множество всех описаний базы прецедентов образует орграф набросков $\Omega(Z)$, в котором $\Omega(\{\tau/T\}, Z)$ – отдельный набросок. Можно также рассмотреть орграф набросков каждого прецедента α , тогда описание $\alpha(\{\tau/T, \underline{z}/Z)$ – это отдельный набросок.

Кортеж $K = \langle \Omega(Z), \{G(\tau)\} \rangle_Z$ называется контекстом Z-задачи. Идеальной закономерностью V в рамках контекста K называется произвольная совокупность значений тестов, позволяющая однозначно установить заключение [3]: $V = (\{a/A\} \rightarrow \underline{z}/Z, \exists \alpha(\{\tau/T, \underline{z}/Z) \in \Omega(Z): \{a/A\} \subseteq \{\tau/T\})$. Компактная запись: $V(\{a/A\}, \underline{z}/Z)$. Закономерность является разновидностью системопаттерна и примером *ad hoc гипотезы*. Наряду с идеальными закономерностями имеют место вероятностные закономерности $R = (\{a/A\} \rightarrow_{J_z} \underline{z}/Z)$, где J_z – модификатор истинности заключения. Вероятностные закономерности являются предвестниками событий и участвуют в формировании управления на основе синдромного принципа [4].

Формальным синдромом S (или просто синдромом) в рамках контекста K называется избыточная идеальная закономерность. Предельным синдромом S^* в рамках контекста K называется синдром, у которого отсутствуют доминирующие закономерности. Предельные синдромы, выступающие в качестве параметров порядка, используются для организации целенаправленного поведения (синдромный принцип управления). Синдромы и предельные синдромы являются результатом когнитивной категоризации.

Пусть $V(\{a/A\}, \underline{z}/Z)$ – закономерности в рамках контекста $K = \langle \Omega, \{G(\tau)\} \rangle$, где Ω – банк прецедентов, $\{G(\tau)\}$ – банк тестов. Когнитивный аналог оператора Хатчинсона на множестве образных операций $\{\Phi\}$ определим следующим образом

[3]: $W(\{V\}) = \{W(V) | V \in \{V\}\}$, $W(V) = (\{V' | V \rightarrow_{\Phi} V', \Phi \in \{\Phi\}\}, \text{if } |\{V'\}| \neq \emptyset) \cup (V, \text{if } |\{V'\}| = \emptyset)$. Ясно, что $\forall \{S^*\} W(\{S^*\}) = \{S^*\}$, где S^* – предельные синдромы (инварианты – внутренние коды).

Объединение множеств $W^n(\{V\}_0)$ $n=0,1,2,\dots$ дает полную совокупность идеальных закономерностей, символизируя резкий рост энтропии:

$$\{V\}_{Full} = \bigcup_{n=0,1,2,\dots} W^n(\{V\}_0), \{V\}_0 = \{ \{ \tau/T_0 \}_\alpha \rightarrow \{ \underline{z}/Z \}_\alpha | \alpha \in \Omega(\{ \tau/T_0 \}, Z) \}.$$

Пределом смысловой орбиты является полное множество всех предельных синдромов, а именно: $\lim_{n \rightarrow \infty} W^n(\{V\}_0) = \{S^*\}_{Full}$. Множество $\{S^*\}_{Full}$ можно отнести к “внутренним пределам” (внутренним кодам) достигаемым исключительно за счет внутренних процессов и ресурсов (при фиксированном контексте K). Схема категоризации или «стрела познания» (конденсация смысла) в рамках произвольной Z -задачи [3, 4]

$$\{V\}_0 \rightarrow W(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow W^k(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow \{S^*\}_{Full} \rightarrow \{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}, E_Z \geq 0,$$

где E_Z – энергия (параметр порядка); $\{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}$ – базис предельных моделей знаний. «Стрела познания» реализует ключевое умение выделять только *существенную информацию*, невзирая на объем базы прецедентов. Предел $\{S^*\}_{Full}$ можно отнести к личному открытию в рамках Z -задачи, напряжение E_Z (сила мотивации) выступает в качестве параметра порядка самоорганизации, а каждое множество $W^k(\{V\}_0)$ выступает в качестве *макросостояния*. С ростом k увеличивается уровень категоризации и, соответственно, степень переноса знаний на новые прецеденты (с ростом k все больше развивается абстрактное мышление). С ростом k возрастает степень упорядоченности знаний (уменьшается энтропия), осуществляется выход за пределы текущих ограничений (текущего множества реакций), т.е. осуществляются скачки через «разрывы», а это ключевой механизм рефлексии и творчества. Следовательно, *процесс самоорганизации целенаправленных систем – это и есть творчество, а также искомый ресурс высокой упорядоченности мозга*.

Подчеркнем, что «стрела познания» реализует до-логическую, до-языковую, преимущественно бессознательную форму мышления. Возникший на финише системный объект имеет гештальтную природу и как таковой не может быть осознанным содержанием символических и речевых коммуникаций. Таким образом, *творческие способности человека оказываются сродни творческой силе природы*.

Масштабируемая модель когнитивной эволюции «Стрела познания» является составной частью более сложных когнитивных моделей, таких как «Спираль познания» и «Спиральная когнитивная метадинамика» [3]. Данные сущности определяют целенаправленность (упорядоченность) процессов и рост когнитивной сложности (компетентности).

Выводы.

«Стрела познания» объединяет два противоположных, но взаимосвязанных процесса: резкий рост энтропии, связанный с ростом множества закономерностей $\{V\}$, и обратный процесс возрастания упорядоченности, связанный с движением к аттрактору $\{S^*\}_{Full}$.

Список используемых источников:

1. Крушинский А.Л. Плата за решение задачи: биофизические предпосылки и возможные эволюционные последствия // Российский журнал когнитивной науки. 2015. Т. 2. № 1. С. 52-61.
2. Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? // Nature Reviews Neuroscience. 2010. Vol. 11. No. 2. P. 127-138. Doi:10.1038/nrn2787
3. Прокопчук Ю.А. Парадигма предельных обобщений: модели когнитивных архитектур и процессов. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 204 с.
4. Алпатов А.П., Марченко В.Т., Прокопчук Ю.А., Сарычев А.П., Хорошилов С.В. Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности. Днепрпетровск: ИТМ НАН и ГКА Украины, 2015. 196 с.
5. Прокопчук Ю.А. ППО-набросок «Коннектома» когнитивной системы // Научный альманах. 2014. № 2 (2). С. 159-163. DOI: 10.17117/na.2014.02.159

© 2015, Прокопчук Ю.А.

Модельный анализ энтропии и высокой
упорядоченности мозга при решении задач

© 2015, Prokopchuk Yu.A.

Model analysis of the entropy and high order of the
brain in the solution of problems