

## ТВОРЧЕСТВО: ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ

С.С. БЕЛОВА

---

### Резюме

*В статье рассматривается вопрос о том, какие грани соприкосновения существуют сегодня между психологическими и вычислительными моделями творчества. Показано, что концептуальный аппарат когнитивного моделирования используется в современных психологических исследованиях для интерпретации эмпирических феноменов творчества. Вместе с тем компьютерное моделирование как способ оценки и сравнения предсказательных возможностей моделей в области творчества является отстраненным от психологического теоретизирования и эмпирических данных психологии.*

**Ключевые слова:** *вычислительные модели творчества, психологические модели творчества, когнитивное моделирование*

---

Экспериментальное исследование когнитивных механизмов творческого мышления имеет давнюю историю и построено на разнообразных теоретических основаниях. Поскольку психологические эксперименты затрагивают ключевые вопросы о природе ума, они должны быть интерпретируемы в рамках теоретических структур, постулирующих ментальные репрезентации и процедуры оперирования ими. Один из возможных путей разработки тео-

ретических структур — конструирование и тестирование вычислительных моделей, воспроизводящих аспекты интеллектуальной деятельности человека. В их основу положены модели психологических явлений, а выходные данные должны иметь такой формат, чтобы было возможно сравнение с эмпирическими данными о психологии человека.

Проблема творчества, несомненно, является непростой для компьютерного моделирования в этом

отношении. В большинстве случаев выдвигаются осторожные прогнозы. «В некоторой степени жалкое состояние дел с моделированием креативности, возможно, неизбежно вследствие нашего недостаточного понимания сути процессов, связанных с творчеством, таких как память, решение задач и репрезентация знания. Вероятно, попытка моделировать полноценный творческий процесс преждевременна» (Thornton, 1994, p. 213).

В данной статье мы обратимся к рассмотрению следующего вопроса: какие грани соприкосновения существуют сегодня между психологическими и вычислительными моделями творчества?

### Психологические модели творчества

В истории психологии творчества можно выделить несколько концептуальных подходов к его когнитивным механизмам. Например, по мнению перечисленных ниже авторов, сущность механизма творчества заключается:

1) в завершении схемы, восстановлении пробела в репрезентации задачи (О. Зельц);

2) в реорганизации информации или переформулировке задачи (К. Дункер);

3) в преодолении ментального блока, функциональной фиксации (К. Дункер, Р. Майер);

4) в нахождении аналога задачи (Д. Гентнер);

5) в случайных рекомбинациях идей (Д. Саймонтон);

6) в дивергентном мышлении (Дж. Гилфорд);

7) в ассоциировании отдаленных элементов опыта (С. Медник);

8) во взаимодействии логического и интуитивного режимов мышления (Я.А. Пономарев);

9) в закономерностях функционирования семантической (Э. Нецка) или нейронной (К. Мартиндейл) сети.

С помощью этого — далеко не полного — набора конструктов обозначались процессуальные характеристики порождения субъективно нового. Между тем разнообразие используемых терминов не означает их принципиальной несовместности: как отмечает Д.В. Ушаков, психология творчества — многоязычна, одни и те же экспериментальные данные могут быть описаны на языке разных конструктов. При этом в целом язык современной научной психологии является недоопределенным: в нем мирно сосуществуют как языки альтернативных операциональных теорий, так и верифицируемые и неверифицируемые понятия (Ушаков, 2006, с. 82–83). Поэтому для того чтобы поставить в соответствие вычислительной модели некоторое психологическое теоретизирование и эмпирические данные, необходимо четко описать их содержание.

Существуют сложившиеся традиции определения творчества через особенности продукта (нового, осмысленного, оригинального) и особенности процессов (с одной стороны, недетерминированных, внезапных, бессознательных, специфически-эмоциональных, с другой — допускающих логическую проверку идей). Очевидно, что с психологической точки зрения раскрытие сути процесса является более сложной задачей

по сравнению с выявлением особенностей продукта. И главное затруднение состоит здесь в описании перехода от немислимого ранее к внезапному ясному ощущению найденного решения.

Современное психологическое экспериментирование в области творчества основывается на представлении о том, что оно является конгломератом множества когнитивных процессов. Такие феномены, как генерирование идей, инкубация, фиксация и инсайт, рассматриваются с точки зрения механизмов извлечения содержаний из долговременной памяти (активационных или связанных с особенностями кодирования), явлений имплицитной памяти, контекстуальных влияний, метакогниций (Smith, 1995).

#### **Когнитивные модели и эмпирические феномены творчества**

В когнитивной науке можно проследить развитие нескольких направлений в моделировании когнитивных систем. Ключевые особенности направлений касаются их предположений о формате ментальных репрезентаций и о биологическом подобии модели. Исторически ранее развивалась трактовка мышления как процесса оперирования символической информацией, представленной в виде сети. Коннекционистское направление уподобляет познание функционированию нейронной сети, в которой репрезентации распределены по элементам сети в виде паттернов активации. Существует и третий вариант — смешанные модели, объединяющие свойства символической

и коннекционистской парадигм. Наиболее известной смешанной моделью является подход к познанию, развиваемый Дж. Андерсоном (ACT-R) (Anderson et al., 2004). Две системы — декларативная память (семантическая сеть) и процедурная память (система продукций), работающие по активационному принципу, являются, по словам Дж. Андерсона, «когнитивным ядром» модели ACT-R.

В интерпретациях эмпирических феноменов творчества можно обнаружить обращение ко всем перечисленным подходам. Например, было показано, что в ходе решения задач на нахождение ассоциации между словами, высококреативные испытуемые демонстрируют большую восприимчивость к праймингу (преднастройке) и большую длительность реагирования (Gruszka, Necka, 2002). Поскольку прайминг можно интерпретировать в терминах распространения активации по семантической сети (в духе ACT-R), исследователи заключают, что индивидуальные различия в креативности определяются сложностью семантической сети, т. е. количеством связей, соединяющих узлы.

В ряде недавних работ, посвященных гипотезе о связи фокуса внимания с дивергентными показателями, было выявлено, что широкий фокус внимания является причиной более высокой склонности индивида оценивать и творчески комбинировать разнородные идеи (Kasof, 1997; Friedman et al., 2003; Howard-Jones, Murgau, 2003). Внимание можно трактовать как состояние когнитивной системы, при котором активированы определенные узлы семантической сети. При узком фокусе внимания

небольшое количество ближайших узлов оказывается сильно активированным, при широком – активировано большее число удаленных узлов, но с меньшей силой. Тогда большая творческая продуктивность является следствием активации более обширных участков сети.

Коннекционистский подход к творчеству развивался К. Мартиндейлом (Martindale, 1995) и представляет собой когнитивную трактовку более ранних подходов: ассоциативной модели С. Медника и модели распределения внимания Дж. Мендельсона. В экспериментальных работах К. Мартиндейла с соавт. 1970-х гг. была показана связь креативности с показателями корковой активации, а позднее на основе этих результатов были выдвинуты принципы когнитивного моделирования, описывающие характер активации нейронной сети на разных этапах творческого процесса (подготовки, инкубации, озарения, проверки).

Коннекционистские принципы нашли свое отражение в интерпретации результатов экспериментальных исследований Э. Айзен, посвященных влиянию позитивного аффекта на креативность (Isen, 1999); в модели эмоционального резонанса Т. Любарта и И. Гетца, описывающей функциональную роль эмоций в порождении метафор (Lubart, Getz, 1997).

### **Творчество в вычислительной парадигме**

В области моделирования креативности значительным влиянием обладает подход М. Боден, профессора Сассекского университета (Ве-

ликобритания) (Boden, 1998; 1999). Понимая творчество предельно широко – как генерирование новых, ценных и осмысленных идей в самых разных областях, автор столкнулась с необходимостью обозначения его универсального механизма. Важная идея М. Боден состоит в определении термина «концептуальное пространство». «Концептуальное пространство – принятый стиль мышления в определенной предметной области. <...> Оно определяется набором разрешающих ограничений, которые позволяют осуществить генерирование структур, лежащих внутри этого пространства. <...> Если одно или несколько таких ограничений изменяется (или отбрасывается), пространство трансформируется. Идеи, которые прежде были невысказанными (с точки зрения исходного концептуального пространства), становятся возможными» (Boden, 1999, p. 352). В зависимости от того, какого рода «операции» (в общем смысле слова) осуществляются в концептуальном пространстве, М. Боден выделяет три типа креативности.

*Комбинаторная креативность* заключается в порождении новой идеи через необычную комбинацию (ассоциацию) известных идей. Ее примерами являются поэтические образы, метафоры, аналогии. В этом случае в концептуальном пространстве происходит соположение его элементов по принципам ассоциирования или построения аналогий, когда идеи имеют структурное сходство.

*Исследовательская креативность* предполагает продвижение по концептуальному пространству в соответствии с его структурой (ограничениями)

с целью обнаружения психологически новых его участков. «Нормальные» научные открытия, музыкальные и литературные произведения, живопись и архитектура являются примерами такого творчества. Нормальность в данном случае означает, что новая идея соответствует канонам традиционной для предметной области парадигмы, а само творчество состоит в исследовании содержания, границ и потенциала концептуального пространства.

И, наконец, *трансформационная креативность* включает изменение одного или нескольких относительно фундаментальных измерений, определяющих концептуальное пространство, таким образом, что становится возможным порождение идей, немислимых ранее. Другими словами, она требует большего, чем простое следование принятым направлениям мышления в данной области и чем минимальное «отлаживание, подстройка» (tweaking) поверхностных измерений пространства, свойственные исследовательской креативности. Именно это явление М. Боден соотносит с творчеством в полном смысле слова, подчеркивая его наиболее сложную природу и наивысшую ценность. Научные прорывы на уровне парадигм, «новое слово в искусстве» являются примерами «подлинной креативности».

По оценке М. Боден, с большим успехом сейчас осуществляется моделирование исследовательской креативности, что, однако, не свидетельствует о легкости и простоте этой задачи. Наоборот, оно требует мощной экспертизы предметной области, аналитических усилий для определе-

ния концептуального пространства и процедур исследования его потенциала. Однако комбинаторная и трансформационная креативность оказываются более неуловимыми сущностями для моделирования. Кратко причины этому М. Боден видит в трудности моделировании богатства ассоциативной памяти человека, а также в трудности определения наших ценностей и выражения их в вычислительной форме. Первая трудность подрывает попытки симулировать комбинаторное творчество, вторая — особенно проблематична для творчества трансформационного.

#### **Комбинаторная креативность: моделирование ассоциаций и аналогий**

М. Боден рассматривает два примера моделирования творческого ассоциирования. Первый пример — программа JAPE (Joke Analysis and Production Engine), генерирующая загадки-каламбуры и созданная К. Бинстед (Binsted, 1996). Программа создает загадки на основе девяти предложений-шаблонов типа «What do you get when you cross X with Y?», «What kind of X has Y?». При этом она оперирует семантической сетью, содержащей информацию о фонологии, семантике, синтаксисе и правописании слов, и в генерировании ответов учитывает противоречия между ними. Примеры загадок-каламбуров этой программы таковы: (Q) *What kind of murderer has fiber?* (A) *A cereal killer*; (Q) *What do you call a strange market?* (A) *A bizarre bazaar*. Среди них практически не встречается «брак», т. е. совершенно неудачные с точки зрения воспринимающего их

человека варианты, что легко объясняется наличием заданных образцов и схем генерирования. Труднее говорить о психологических мотивах этой работы: ее автор оговаривает, что модель порождения загадок в большей степени основывается на генеративной лингвистике и исследовательском программировании ИИ, чем на психологических исследованиях.

Второе направление моделирования, в котором М. Боден видит перспективы для комбинаторного творчества, представляют коннекционистские компьютерные модели. Описывая их природу и возможности, автор туманно замечает, что «их способности напоминают нам различные навыки творческого мыслителя» (Boden, 1999, p. 354). А именно коннекционистские архитектуры могут: а) восстанавливать паттерн активности при предъявлении его образца; б) распознавать сходства и различия между паттернами; в) распознавать знакомый паттерн-вход в присутствии шума.

Феномен аналогии занимает центральное место в изучении научения и открытий. С точки зрения теоретических психологических посылок, в отношении существа аналогии в моделировании представлены, по меньшей мере, два принципиально различных подхода. Первый подход, разработанный Д. Гентнер, трактует аналогию как структурное отображение одной предметной области на другую, при котором структурные отношения являются жесткими, неизменными (Falkenhainer et al., 1989). Эта теория положена в основу компьютерной модели SME Structure-mapping engine, которая имитирует процесс отображения и обеспечива-

ет структурную, независимую от предметной области количественную оценку сходства между предметами аналогии. При этом внутренняя структура, свойственная предметам аналогии, перевешивает различия в их поверхностных признаках.

Второй подход трактует аналогию и концепты как флюидные, изменчивые явления (Д. Хофштадтер и его исследовательская группа). Здесь аналогия трактуется как основа процессов распознавания и категоризации. Разработанные этим коллективом программы, по словам авторов, занимают промежуточное положение между символическими и коннекционистскими моделями: в них «диалектически» представлены восходящие и нисходящие пути переработки информации. Например, COPUSAT способна давать ответы на такие задачи, как «abc is to abd as xyz is to what?» (Hofstadter, Mitchell, 1995).

### **Моделирование исследовательской и трансформационной креативности**

Научные открытия, литературное и музыкальное творчество, визуальные искусства представляют собой сферы приложения соответствующих моделей исследовательской креативности. Для обнаружения психологически или даже исторически нового содержания в рамках модели должно быть определено, в терминах М. Боден, концептуальное пространство и обеспечены способы продвижения по нему. В таком случае встает закономерный вопрос об истинном творце, ставящем вопросы и предлагающем инструменты их решения. Кроме того, экспертные

системы в области химии и физики, искусственные литературные творцы поэзии и прозы, компьютерные художники, программы-импровизаторы в области джаза не способны оценить собственные творения. Эта задача трудна и для моделирования.

М. Боден полагает, что трансформационной креативности релевантны программы, использующие генетические алгоритмы, а также способные изменять свои собственные эвристики и оценивать результаты своих решений. В области математики такими программами являются AM (The Automated Mathematician) и EURISCO Д. Лена. Обе программы обладают эвристиками для «порождения» новых математических концептов из набора очень простых математических концептов. EURISCO также включает эвристики порождения своих собственных эвристик: эвристика более высокого порядка снижает вероятность обращения к неэффективной эвристике. Программы с генетическими алгоритмами представлены, например, в области

графического искусства: каждое новое поколение программы К. Симса генерирует бесконечное количество цветных образов, не похожих на предыдущие.

### Заключение

На сегодняшний день когнитивное моделирование представляется довольно отстраненным от традиционного психологического теоретизирования по поводу творчества и от соответствующих эмпирических данных. Существует значительный — однако редко последовательно психологически инспирированный — энтузиазм в отношении создания программ, способных генерировать творческие продукты, сравнимые с аутентичными, или содействовать проявлению творчества человека. Однако главная задача когнитивного моделирования — продвижение к пониманию сущности креативности человека, связанной с переработкой информации, — остается делом будущего.

### Литература

- Ушаков Д.В. Языки психологии творчества: Я.А. Пономарев и его школа // Психология творчества. Школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд-во ИП РАН, 2006. С. 19–143.
- Anderson J.R., Bothell D., Byrne M.D., Douglass S., Lebiere C., Qin Y. An integrated theory of mind // Psychological Review. 2004. 111. 4. 1036–1060.
- Binsted K. Machine humour: An implemented model of puns: PhD thesis. University of Edinburgh, 1996.
- Boden M.A. Creativity and artificial intelligence // Artificial Intelligence. 1998. 103. 347–356.
- Boden M.A. Computer models of creativity // Handbook of Creativity. R.J. Sternberg (ed.). Cambridge University Press, 1999. 351–372.
- Falkenhainer B., Forbus K. D., Gentner D. The structure-mapping engine: Algorithm and examples // Artificial Intelligence. 1989. 43. 1–63.
- Friedman R.S., Fishbach A., Förster J., Werth L. Attentional Priming Effects on

Creativity // Creativity Research Journal. 2003. 15. 2&3. 277–286.

*Gruszka A., Necka E.* Priming and Acceptance of Close and Remote Associations by Creative and Less Creative People // Creativity Research Journal. 2002. 14. 2. 193–205.

*Hofstadter D.R., Mitchell M.* The copycat project: A model of mental fluidity and analogy-making // D. Hofstadter and the Fluid Analogies Research group. Fluid Concepts and Creative Analogies. Basic Books, 1995. Chapter 5. 205–267.

*Howard-Jones P.A., Murray S.* Ideational Productivity, Focus of Attention, and Context // Creativity Research Journal. 2003. 15. 2&3. 153–166.

*Isen A.M.* On the relationship between affect and creative problem solving // S. Russ (ed.). Affect, creative experience, and psychological adjustment.

Philadelphia: Taylor & Francis, 1999. 3–17.

*Kasof J.* Creativity and breadth of attention // Creativity Research Journal. 1997. 10. 4. 303–315.

*Lubart T.I., Getz I.* Emotion, metaphor, and the creative process // Creativity Research Journal. 1997. 10 (4). 285–301.

*Martindale C.* Creativity and connectionism // S.M. Smith, T.B. Ward, R.A. Finke (eds.). The creative cognition approach. Cambridge, MA: Bradford, 1995. 249–268.

*Smith S.M.* Fixation, incubation and insight in memory and creative thinking // S.M. Smith, T.B. Ward, R.A. Finke (eds.). The creative cognition approach. Cambridge, MA: Bradford, 1995. 135–156.

*Thornton C.* Connectionism, creativity and guided walks // T. Dartnall (ed.). Artificial Intelligence and Creativity. Kluwer Academic Publishers, 1994. 211–215.

**Белова Софья Сергеевна, Институт психологии РАН, научный сотрудник,  
кандидат психологических наук**

Контакты: sbelova@gmail.com