

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ
НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕТАКОГНИТИВНЫХ ОЦЕНОК БЛИЗОСТИ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ НА БАЗЕ ТЕОРИИ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПОИСКА

И. И. Иванчей

ivancheyii@gmail.com

РАНХиГС, Москва

Аннотация. В работе осуществлен вывод метакогнитивных оценок близости к решению творческой задачи из наиболее распространенной на сегодняшний день формальной модели творческого решения в рамках теории эвристического поиска (теории задачного пространства). Результаты работы демонстрируют, во-первых, возможность предсказания метакогнитивных оценок творческого решения. Полученные в симуляционных экспериментах результаты согласуются с диссоциацией метакогнитивных оценок при решении творческих и репродуктивных задач. Несмотря на успешное выведение метакогнитивных оценок из формальной модели творческого решения, симуляционные эксперименты демонстрируют ряд внутренних противоречий данной модели, основанной на концепции эвристического поиска.

Ключевые слова: мышление, моделирование, инсайт, творчество, метакогниции

Данный проект реализован при поддержке благотворительного фонда Михаила Прохорова.

Психология мышления – одна из самых старых областей исследования в психологии. Важнейшая проблема, которую решают исследователи, связана с поиском ответа на вопрос, как человек открывает новое знание. В данной работе мы опишем модель порождения самооценок близости к решению задачи, основанную на одной из доминирующих моделей решения творческих задач. За последние сорок лет ситуация на теоретическом ландшафте данной области не изменилась (см. обзор Weisberg, 2015). В литературе конкурируют две альтернативные группы теорий. Первая группа базируется на гештальтистской концепции переструктурирования репрезентации задачи. Этот подход предполагает переосмысление условий задачи путем включения или исключения из нее элементов прежнего опыта (Knoblich et al., 1999). Такое изменение репрезентации предположительно связано с переживанием инсайта. Вторая группа развивает концепцию задачного пространства, предложенную Ньюэллом и Саймоном (Newell, Simon, 1999). В рамках этого подхода предполагается, что решение всех задач происходит путем поиска в дереве решений с использованием разнообразных эвристик. Таким образом, единственный источник априорного знания,

которого требует от решателя этот подход, — это конечный набор эвристик. Такое свойство теории задачного пространства позволяет разрабатывать математические модели решения задач, в то время как теории переструктурирования вынуждены учитывать прежний (зачастую неосознаваемый) опыт решателя, что делает задачу моделирования практически невозможной.

Один из феноменов, который с трудом поддается объяснению с точки зрения теорий эвристического поиска, — это паттерны метакогнитивных оценок при решении инсайтных и комбинаторных задач. Как было показано в классическом исследовании Меткалф и Вибе (Metcalfе, Wiebe, 1987), при решении комбинаторных задач оценка близости к решению монотонно возрастает при приближении к решению задачи, а при решении инсайтных задач оценка близости решения не позволяет предсказать время до решения задачи. Цель данной работы — разобрать возможности порождения метакогнитивных оценок доминирующей на сегодняшний день версией теории эвристического поиска.

Последняя формализация теории была предложена Д. Макгрегором и коллегами (MacGregor et al., 2001). Первый вариант модели был предложен для задачи «Девять точек», в которой испытуемому требуется соединить девять точек, нарисованных в виде квадрата 3×3 четырьмя линиями, не отрывая карандаш от бумаги. Модель Макгрегора предполагает, что на первом этапе решения задачи человек использует эвристику максимизации (“hill climbing”), выбирая самые удачные ходы с точки зрения основной метрики задачи (количественной близости к целевому состоянию; в задаче «Девять точек» — количество зачеркнутых точек). Когда решатель попадает в ситуацию, в которой эвристика максимизации не приводит к результату, происходит смена метрики: человек начинает искать выходы за пределы того задачного пространства, в котором он действовал с самого начала (в задаче «Девять точек» — выход за пределы квадрата). Модель предполагает, что параллельно с применением эвристики максимизации происходит постоянный мониторинг успешности решения задачи: оставшаяся работа (кол-во неперечеркнутых точек) и доступные ресурсы (кол-во оставшихся линий). Вероятность начала поиска нового задачного пространства прямо пропорциональна соотношению оставшейся работы и ресурсов. Насколько нам известно, до сих пор феномен диссоциации паттернов метакогнитивных оценок в творческих и репродуктивных задачах никак не объяснялся моделью Макгрегора.

Достижение поставленной цели предполагает решение *двух задач*: 1) реализацию модели Макгрегора в машинном коде; 2) выведение метакогнитивных оценок из созданной программы. Задача 1 была успешно решена на языке программирования R. Процент успешных проб, предсказанный моделью Макгрегора (MacGregor et al., 2001), повторен в наших симуляционных экспериментах (см. табл. 1). Планируется публикация кода модели в открытом доступе после завершения документации всех необходимых файлов.

Решение второй задачи

Как было показано выше, модель Макгрегора включает в себя метакогнитивный компонент, на его основе мы и осуществили реализацию метакогнитив-

Таблица 1. Процент успешных проб (из 100 проб в каждом условии) в каждом экспериментальном условии. Аналогично таблице 1 в MacGregor et al., 2001

Задача	Горизонт планирования			
	1	2	3	4
9 точек	0	0	0	8
11 точек	19	34	31	100

ных оценок. Оценки выводились двумя способами, описанными в двух сериях симуляционных экспериментов.

Серия 1. Прямая оценка на основе показателя «работа/ресурсы». Мы провели восемь симуляционных экспериментов. В модели Макгрегора важнейшим параметром является параметр «горизонта планирования» (“lookahead”), который определяет, для сколько следующих линий решатель просчитывает эвристику максимизации. Мы провели четыре эксперимента для каждого возможного уровня (1, 2, 3, 4) горизонта планирования. Еще четыре эксперимента с разным горизонтом планирования мы провели для модифицированной задачи, к которой было добавлено еще две точки за пределами квадрата. Такая версия задачи решается проще, и Макгрегор с коллегами активно использует ее для демонстрации возможностей своей модели. В каждом эксперименте были получены средние оценки критерия для шести попыток, предшествующих решению. В условиях, в которых решение не достигалось, весь ход решения был разбит на серии по шесть проб, по которым и происходило усреднение. Результаты экспериментов представлены на рис. 1. В первой серии экспериментов метакогнитивные оценки оказались не связанными с количеством проб до решения для всех экспериментальных условий.

Серия 2. Оценка на основе показателя «работа/ресурсы» плюс выход в новое задачное пространство. В исследуемой модели выход за пределы исходного задачного пространства имеет вероятностный характер. Вероятность выхода тем выше, чем ниже показатель «работа/ресурсы». В новой серии симуляционных экспериментов мы умножали метакогнитивную оценку на произвольный коэффициент W , если происходил выход за пределы исходного задачного пространства. Исходное и новое заданные пространства моделируются как наборы операторов (возможных ходов-линий). Сначала человеку доступны ходы только в рамках квадрата из точек (56 операторов), а при открытии нового задачного пространства ему открывается новый набор операторов с выходом за пределы девяти точек (128 операторов). Для представленной симуляции этот коэффициент равнялся двум (для нашей работы величина W была непринципиальной, главное, что она была больше единицы и увеличивала метакогнитивную оценку после открытия нового задачного пространства). Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

В отличие от первого эксперимента, метакогнитивная оценка при успешном решении задачи «Девять точек» резко возрастала — в соответствии с характером творческого решения, описанном Меткалф и Вибе (Metcalfe, Wiebe, 1987).

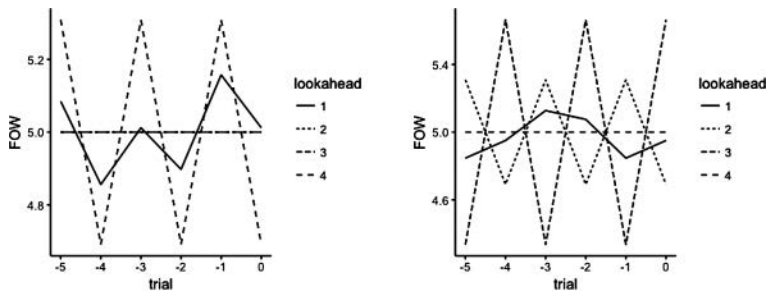


Рисунок 1. Результаты первой серии симуляционных экспериментов. Слева – задачи «Девять точек», справа – задачи «Одиннадцать точек». Ось OY – оценки близости к решению, ось OX – пробы до решения. «FOW» – оценок близости к решению, «lookahead» – горизонт планирования. Осцилляции оценки с постоянным периодом связаны с постоянными колебаниями показателя работа/ресурсы в моделях с определенным горизонтом планирования.

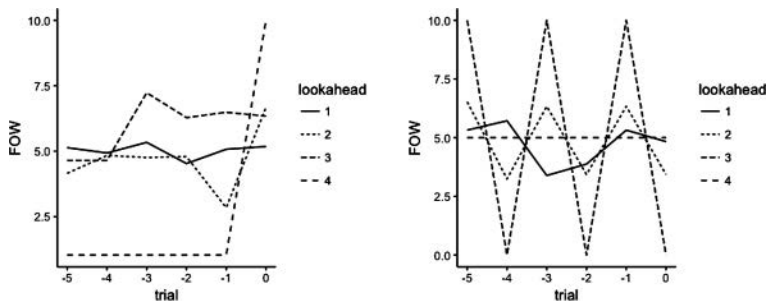


Рисунок 2. Результаты второй серии симуляционных экспериментов. Слева – задачи «Девять точек», справа – задачи «Одиннадцать точек». Ось OY – оценки близости к решению, ось OX – пробы до решения. Изначальный низкий уровень оценок при горизонте планирования = 4 в задаче «Девять точек» связан с особенностями (относительные величины) перевода из шкалы работа/ресурсы в шкалу метакогнитивных оценок.

Обсуждение результатов

Представленная работа описывает способ получения метакогнитивных оценок из модели решения творческих задач Д. Макгрегора. Паттерн метакогнитивных оценок при успешном решении задачи «Девять точек» совпадает с обнаруженным на текстовых инсайтных задачах (Metcalfе, Wiebe, 1987), а также на задаче «Девять точек» (Chein et al., 2010). Модифицированная задача «Одиннадцать точек» не демонстрирует такого паттерна в связи с возможностью решения без выхода из исходного задачного пространства. В связи с этим такое решение с точки зрения самого Макгрегора нельзя считать инсайтным. С учетом того, что большинство успешных предсказаний исследуемой модели были сделаны на модифицированных задачах, модель Макгрегора

можно с трудом назвать моделью творческого решения. Кроме того, в рамках модели выход в новое задачное пространство имеет принципиально вероятностный характер: психологические механизмы открытия нового задачного пространства (а соответственно и творческого решения) остаются не описанными в рамках данного подхода. Все вышесказанное является демонстрацией глубоких противоречий в современных реализациях теории задачного пространства, что взывает психологов к построению альтернативных моделей инсайта. При этом важно, чтобы новые работы также использовали строгий вычислительный подход — только в этом случае возможна настоящая конкуренция с теорией задачного пространства.

Литература

Chen J., Weisberg R., Streeter N., Kwok S. Working memory and insight in the nine-dot problem // *Memory & Cognition*. 2010. Vol. 38. No.7. P. 883–892. doi:10.3758/mc.38.7.883

Knoblich G. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1999. Vol. 25. No.6. P. 1534–1555. doi:10.1037/0278-7393.25.6.1534

MacGregor J.N., Ormerod T.C., Chronicle E.P. Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No.1. P. 176–201. doi:10.1037/0278-7393.27.1.176

Metcalfe J., Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving // *Memory & Cognition*. 1987. Vol. 15. No.3. P. 238–246. doi:10.3758/bf03197722

Newell A., Simon H.A. Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972.

Weisberg R.W. Toward an integrated theory of insight in problem solving // *Thinking & Reasoning*. 2015. Vol. 21. No.1. P. 5–39. doi:10.1080/13546783.2014.886625

Computational Model of Metacognitive Evaluation of the Solution Proximity in Creative Problems Based on the Heuristic Search Theory

Ivanchei I. I.

ivancheyii@gmail.com

RANEPA, Moscow

Abstract. In this study, we modeled a metacognitive evaluation of the solution proximity in a creative problem on the basis of the most common formal model of a creative solution within the heuristic search theory. The results of the work demonstrate the possibility of predicting metacognitive reports in creative solutions. The results obtained in the simulation are consistent with the dissociation of metacognitive reports in solving creative and reproductive problems. Despite the successful implementation of the metacognitive evaluation from the formal model of creative thinking, the simulation experiments demonstrate a number of internal contradictions of this model based on the heuristic search theory.

Keywords: problem-solving, computational modeling, insight, creativity, metacognition