

Формальное описание семантики решения задач методики «Ход шахматного коня»

Н.Е. Максимова¹, И.О. Александров¹, Ю.А. Заварнова², В.С. Свиридов³

¹ ФГБУН Институт психологии РАН, Москва; email: almax2000@inbox.ru

² ФГБУ ВПО ГАУГН, Москва; email: juliazavarnova@mail.ru

³ ФГБУ "Федеральный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии" МЗ РФ, Московский НИИ психиатрии; email: psyastral@mail.ru

Для оценки выполнения тестовых задач используют характеристики качества и времени решения, варианты ошибок, соответствие регламенту теста. На основании этих характеристик возможна формальная количественная реконструкция организации и актуалгенеза психологических структур [1]. Формализация содержательной стороны решения задач остается актуальной и до сих пор нерешенной проблемой.

Решение тестовой задачи можно описать как процесс взаимодействий индивида в рамках институализированной предметной областью (ИПО) [3]. В состав ИПО входит собственно предметная область (ПО) и социальная общность (СО). ПО содержит объекты (артефакты), отношения между ними, кодифицированные и имплицитные правила их использования, единые для СО, члены которой, являются носителями специфических ценностей, норм поведения и взаимоотношений, ролей и статусов. Для ситуации решения тестовых задач ПО содержит тестовые материалы, инструкции, эксплицитные и имплицитные условия проведения и оценки тестов; СО образуют группа, участвующая в тестировании и референтные для участников группы лица с соответствующими данной ИПО ролями, статусами, разделяющие ценности, и нормы поведения, критические для данной ИПО, например, испытуемые и экспериментаторы.

Циклы взаимодействия индивида организованы в соответствии с достижением результатов, предусмотренных или допустимых правилами ИПО. В процессе таких взаимодействий формируется специфическая психологическая структура, образованная двумя типами моделей. Модели *M1* фиксируют созданные индивидом, использованные и возможные варианты организации взаимодействий с артефактами, избирательно и пристрастно соответствующие организации ПО (артефактам, правилам и т.п., предоставленным ИПО и/или вновь сформированным). Совокупность моделей *M2* фиксирует сформированные индивидом процедуры манипуляции моделями *M1*, позволяющие достигать предписанные ИПО результаты взаимодействия с ПО.

Модели *M1* соответствуют организации и условиям предъявления задач; *M2* – способам решения задач. Соотношение *M1* и *M2* определяет содержательную сторону взаимодействий индивида в рамках ИПО, т.е. семантику взаимодействия. Можно предположить, что лишь некоторые варианты *M1* и *M2* совместимы; совместимые ва-

рианты соотношения *M1* и *M2* образуют множество возможных семантик взаимодействия индивида в рамках ИПО. Предполагается, что решая задачи «в уме», т.е., оперируя моделями *M1* и *M2*, испытуемые конструируют формальное семантическое пространство решения задачи.

Цель работы состоит в том, чтобы формально описать варианты семантики (содержательной стороны) решения задач модифицированной методики «Ход шахматного коня» (ХШК), оригинальная форма которой разработана Я.А. Пономаревым [4, 5]. Для построения этого описания использовали (1) логическую реконструкцию возможных вариантов решения задач в соответствии с предъявленными правилами, (2) модификации, расширения и нарушения правил, (3) ошибки, зафиксированные в протоколах решения задач. Предполагается, что характеристики вариантов семантики решения задач составит основу для гипотетического описания психологических структур, формирующихся при вхождении индивида в ИПО «Ход шахматного коня».

Методика

Методика ХШК предназначена Я.А. Пономаревым для оценки способности действовать в уме [4, 5] или, в более общих терминах, оперирования абстракциями [2]. Модификация оригинальной версии методики состоит в том, что испытуемым предъявляется полный набор логически возможных задач.

Испытуемым предлагается переместить фигуру на поле размером 3×3 (строки обозначены цифрами 1, 2, 3, а столбцы – буквами *a*, *b*, *c*, см. рис. 1, А) ходом шахматного коня, от указанной в инструкции начальной клетки к конечной кратчайшим путем, называя координаты промежуточных клеток, без визуально предъявленного поля и не используя при решении движения рук. После ознакомления с визуальным предъявленным полем и вычисления координат схему поля убирали, и испытуемые без опоры на внешние средства решали 5 серий задач нарастающей сложности (16 задач, требующих для решения 2 хода, 16 задач – 3 хода, 8 задач – 4 хода, 6 задач с запретом использования некоторых клеток поля). После завершения всех серий проводили структурированное интервью. Для последующего анализа вели видеопрокол всего хода решения задач и интервью. В работе использованы данные, полученные с участием 118 практически здоровых лиц (52 мужчины, 66 жен-

щин, 17 - 36 лет, медиана = 21 год), а также 20 пациентов с диагнозами F20, F21 и F25 по МКБ-10 (шизофрения) (10 мужчин, 10 женщин, от 20 до 43 лет, медиана = 30 лет).

Результаты

1. Описание правил решения задач

Инструкция (вербальная и визуальная) *эксплицитно* условия, необходимые для решения задачи: поле из 9 клеток (3×3), буквы и цифры как обозначения строк и столбцов, заштрихованная центральная клетка с запретом ее использования и названия (рис. 1, А). Траектория перемещения на поле вводится как «ход шахматного коня» – «буква Г». Собственно задача формулируется как начальная и конечная клетки перемещения фигуры (хода коня «буквой Г»). Специально вводится требование решить задачу кратчайшим путем.

ИмPLICITными (хотя потенциально открытыми при визуальном предъявлении) остаются следующие составляющие инструкции: (1) «буква Г» имеет ориентацию (от начальной клетки к конечной); (2) «буква Г» – обозначение группы симметрии, содержащей 4 элемента (учитывая ориентацию (рис. 1, Б, ср 1, 2 и 3, 4) и зеркальные отражения (рис. 1, Б, ср 1, 3 и 2, 4), но не ортогональные вращения и параллельные переносы); (3) предлагаемое инструкцией «перепрыгивание» с начальной клетки на конечную описывается не буквой «Г», а диагональю прямоугольника 3×2, группой симметрии из 2 элементов, без учета ортогональных вращений и параллельных переносов (такое представление хода коня обозначено Пономаревым как «перекладина» [4]), см. рис. 1, В.

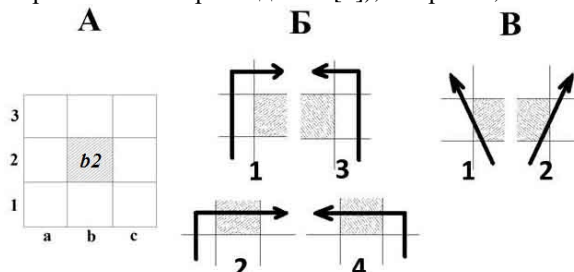


Рис. 1. А – схема игрового поля; заштрихованная клетка b2 – строго исключается из решения задач. Б – симметрии переноса фигуры «Буква Г» (в терминах Я.А. Пономарева – «шаблоны»): 1, 2 и 3, 4 – различные ориентации переноса; 1, 3 и 2, 4 – зеркальные отражения. В – симметрии переноса фигуры по диагонали прямоугольника 3×2 (в терминах Я.А. Пономарева – «перекладина»). Ортогональные вращения и параллельные переносы на Б и В не показаны.

Инструкция имплицитно вводит такие составляющие поля, как «углы», «верх», «низ», «право», «лево» и «центр» («запретная» клетка), прямо не указывает на кольцо, которое образуют эффективные клетки поля, на существование альтернативных направлений перемещения по полю (причем траектории перемещения по разным направлениям имеют различную длину для некоторых задач). В инструкции также содержится важное имплицит-

ное условие решения задач – преодоление несоизмеримости геометрии «хода коня» и замкнутого кольца периферии поля, которым визуальны ограничены перемещения.

Заметим, что условия, эксплицитированные в инструкции, непротиворечивы, внутренне согласованы, но недостаточны для успешного решения задач. Перечисленные имплицитные условия содержат несколько групп положений, которые затруднительно (или невозможно) совместить при конкретном решении задач. Решение задач представляется невозможным без учета любой из этих групп условий (с рефлексией или без рефлексии).

2. Варианты семантики решения задач

Неоднозначность правил представления и решения задачи, большое количество степеней свободы в применении правил, необходимость абстрагирования положений правил, наиболее важных с позиции испытуемого, позволяют предположить, что способ решения задачи и избирательное использование свойств поля являются результатом манипуляции этими абстракциями и основой, определяющей семантику (содержательную сторону) решения.

На исследованной выборке выделено 5 вариантов семантики решения задач.

Семантика-5 – наиболее дифференцированное формальное пространство задачи. Оно конструируется испытуемым в актах перемещения фигуры, которые описываются в терминах начальной и целевой координат поля. Это пространство, описанное в терминах теории графов, образуют два замкнутых маршрута перемещений с разным порядком восьми клеток поля: « R_1 » – a1, c2, a3, b1, c3, a2, c1, b3, a1 и « R_2 » – a1, b3, c1, a2, c3, b1, a3, c2, a1. Эти маршруты содержат универсальное решение всех задач методики: они соответствуют порядку координат (вершинам) либо левого, либо правого «полукольца» маршрутов R_1 и R_2 относительно начальной координаты задачи.

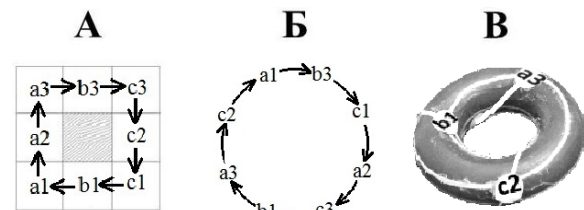


Рис. 2. А – маршрут обхода периферии поля. Б – маршрут универсальных решений задач. В – торическое зацепление узла (3, 1), представляющего маршрут обхода периферии поля (см. А), который трижды обвивает тор в меридиональном направлении и 1 раз – в экваториальном, и узла (1, 3), представляющего маршрут универсальных решений (см. Б), который один раз обвивает тор в меридиональном направлении и 3 раза – в экваториальном. На А, Б и В показаны маршруты только одного из двух направлений.

В такой конструкции пространства задачи возможно преодоление несоизмеримости хода коня и «квадратного кольца» периферии поля (рис. 1, Б и

2, А). Для установления соизмеримости необходимо связать маршрут обхода периферии поля (a1, a2, a3, b3, c3, c2, c1, b1; см. рис. 2, А) и маршруты универсальных решений (R_1 и R_2 ; см. рис. 2, Б) пересечениями по всем вершинам этих графов без образования дополнительных пересечений дуг: такие пересечения ввели бы в суммарный граф несуществующие вершины. Для упрощения задачи заменим два ориентированных графа R_1 и R_2 одним неориентированным R_{12} .

Анализ матрицы смежности графа R_{12} показал, что он содержит подграф, гомеоморфный графу Куратовского $K_{3,3}$. Следовательно, согласно теореме Понтрягина–Куратовского [6, с. 133], граф R_{12} непланарен, содержит ручку и может быть уложен без самопересечений на поверхности тора (см. рис. 2).

Торическое пространство решения задачи конструируется испытуемым в терминах координат (не клеток!) поля, что устраняет необходимость установления соответствия условий задачи (в значениях координат) и решения через конструкты «столбцы», «строки», «верх», «низ», «углы», «повороты буквы Г» и т.п. Это уменьшает время решения задач, устраняет необходимость повторения условий задачи «в плане громкой речи», переспрашивание условий, название запретной центральной клетки b2 (см. рис. 1, А). Конструкция семантики решения задачи в торическом пространстве полностью устраняет ошибки выбора кратчайшего маршрута к целевой клетке, поскольку открывает возможность симультанной оценки альтернативных маршрутов. Глубина прогноза (длина стратегий решения) в этой семантике неограничена.

Семантика–4 – соотношение способа решения, использования свойств поля и правил, которое основано на *использовании группы симметрии «перекладки»* (см. рис. 1, В). Два варианта *акта-перекладки* (не заданные инструкцией), сформированные в процессе решения задач, замещают 4 варианта группы симметрии шаблона «буквы Г» (рис. 1, Б). Способы решения задачи в этой семантике ограничены структурой кольцевой периферии поля (рис. 2, А). Решение конструируется в терминах *геометрии поля*: строк, столбцов, углов поля, но не в понятиях «верха», «низа», «правой» или «левой» стороны, «центра» поля. Несоизмеримость «квадратного кольца» периферии поля (рис. 2, А) и единичного перемещения перекладки потенциально разрешается в представлении о циклическом характере задач, о возможном возвращении в исходную позицию через некоторое фиксированное число шагов перекладки. Установление соответствия условий задачи (значений координат) и решения упрощено конструкцией множества эффективных клеток как цикла перемещений, выбора промежуточных координат решения задачи по их достижимости перекладкой, отсутствием необходимости в центральной клетке b2 как ориентире. Запретная центральная клетка b2 (см. рис. 1, А) и отдельные клетки поля, как составляющие хода, не включаются в решение задач: перекладка, в отли-

чие от шаблона, не «состоит» из клеток (ср. рис. 1, А и Б). Возможны ошибки выбора кратчайшего маршрута к целевой клетке, поскольку глубина прогноза (длина стратегий решения) в этой семантике, по-видимому, составляет не более трех ходов. Испытуемые, конструирующие семантику–4 применяют ее как универсальный способ решения задач разного уровня сложности.

Семантика–3 конструируется на основе группы симметрии актов-шаблонов «буквы Г» (рис. 1, Б). Решения задачи строятся как ориентация на *карте поля* – в терминах «верх», «низ», «право», «лево» и «центр», соотношение начальной и конечной клеток поля определяется как «рядом», «совсем рядом», «через 1 клетку», «через 2», «напротив». Судя по частому упоминанию клетки b2, центр поля занимает важное место в решении задачи. Способ решения задач требует выбора необходимого шаблона из 4-х альтернатив (см. рис. 1, А), его поворотов (2 альтернативы) и параллельных переносов (2 альтернативы). Большое количество альтернатив, требующих селекции при выборе акта-шаблона, по-видимому, служит препятствием для преодоления несоизмеримость характеристик поля и сконструированного способа решения. Судя по большому количеству повторений и переспрашиваний условий задачи, перепутывания координат, в семантике–3 испытуемые не достигают достаточно точного соответствия условий предъявленной задачи и возможных способов решений. Максимальная длина стратегии в семантике–3 не превышает двух ходов: задачи в 4 и даже в 3 хода решаются в этой семантике «с двух концов»: два хода от начальной координаты в предполагаемую сторону к конечной и два хода от конечной координаты в сторону начальной. Если маршруты встречаются, то направление выбрано правильно. Решения задач в этой семантике не универсальны: испытуемые конструируют для каждого типа задач особый способ решения. Возможно, что особенности этих способов связаны с количеством альтернативных перемещений шаблонов и глубиной прогноза (длиной стратегий).

Семантика–2 конструируется испытуемыми как соотношение способа решения, использования свойств поля и правил, которое может быть охарактеризовано как *«построение буквы Г из последовательности клеток»*. В этой семантике перемещение фигуры коня определяется относительно клеток поля, строк, столбцов, углов поля, направления перемещения определяются как «вверх», «вниз», «направо», «налево», «вперед», «в сторону»; важнейшая роль в ориентации придается клетке b2, представляющей «центр» (она может упоминаться в решении одной задачи несколько раз). Соотношение начальной и целевой клеток задачи обозначается как «рядом», «совсем рядом», «через 1 клетку», «через 2», «напротив», «по диагонали». Решения задач в **семантике–2**, также как в **семантике–3**, можно обозначить как ориентацию на карте поля, но в семантике–2 «буква Г» представляет собой не единую конструкцию шаблона, как в

семантике–3, а последовательность отдельных клеток. Испытуемые описывают ход коня как совокупность актов смещения на одну клетку, например: «*две клетки вперед и одна влево*»; совокупность таких актов – типичная стратегия семантики–2. Решение задачи реализуется как ориентация «по клеточного» перемещения на поле, состоящем из несвязанных клеток. Испытуемые повторяют условия задачи несколько раз, переспрашивают их, склонны к потере координат и утрате задачи, часто встречается указание на запретную клетку *b2*. Общее правило решения задач не создается: даже в пределах одной серии решения последовательных задач строятся каждый раз заново.

Для *семантики–1* характерна невозможность сформировать устойчивое соответствие условий предъявленной задачи и возможных способов решений в сконструированном пространстве. Можно предположить, что аморфность организации семантики–1 связана с затруднениями в абстрагировании даже эксплицитных положений правил. Возможно, что формирование семантики–1 обусловлено особенностями всех структурных составляющих, обеспечивающих успешность решения задач, поскольку проявления организации семантики–1 весьма обширны. Это затруднения или даже невозможность удерживать условия задачи без опоры на чертеж поля, в серии двухходовых задач необходимость неоднократных повторений начальной и конечной координат, перепутывания координат, утраты задачи, повторяющиеся даже при повторных попытках решения одной и той же задачи, включение клетки *b2* в решение. Для семантики–1 характерен отказ от продолжения тестирования в серии трехходовых или даже двухходовых задач. Стратегии решения задач без подсказок и помощи экспериментатора, использования чертежей поля не формируются.

Обсуждение результатов

Пять вариантов семантики (содержательного соотношения условий предъявленной задачи и возможных способов решений в сконструированном пространстве задачи), хотя и представляют лишь предварительные результаты анализа данных, находятся в точном соответствии с выделенными Я.А. Пономаревым пятью этапами развития внутреннего плана действий [4, 5].

Содержание моделей *M1* (фиксирующих организацию и условия предъявления задач ХШК) и *M2* (фиксирующих способы решения задач), может быть определено и формально описано в соответствии со свойствами 5 вариантов семантики. Именно соотношения характеристик моделей *M1* и *M2* ответственны за специфику различных вариантов семантики решения стратегических задач ХШК. Заметим, что вопрос об основаниях достижения согласованности *M1* и *M2* остается открытым.

Установлено, что для всего набора задач методики ХШК существует универсальное решение. Оно учитывает как эксплицитные, так и имплицитные правила методики, разрешает проблему соизмеримости характеристик поля и способа решения задач, обеспечивает точное соответствие условий предъявленной задачи и возможных способов ее решения в сконструированном пространстве задачи, максимальную длину стратегий. Такое решение возможно в семантике–5, конструирующей торическое пространство задачи, наиболее дифференцированное и точно соответствующее стратегическому характеру задач.

Предложенное описание вариантов семантик позволяет сформулировать гипотезы для эмпирического исследования:

- 1) Существуют ли промежуточные варианты семантик?
- 2) Возможно ли усовершенствование компетенции решения задач ХШК в каждом из вариантов семантики?
- 3) Возможен ли переход из более простой в более дифференцированную семантику?
- 4) Являются ли выделенные варианты семантики последовательными этапами формирования компетенции у взрослых испытуемых, или они – специфические, несводимые друг к другу версии организации психологических структур?
- 5) Существует ли содержательная специфика семантик, формирующихся в методике ХШК, у практиков здоровых испытуемых и пациентов с расстройством спектра «Шизофрения»?
- 6) Различаются ли распределения пяти вариантов семантики в выборках практически здоровых испытуемых и пациентов с расстройствами спектра «Шизофрения»?

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14–28–00229), Институт психологии РАН

Литература

1. Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Институт психологии РАН, 2006. 560 с.
2. Александров И.О., Максимова Н.Е. К обоснованию конструкта “оперирование абстракциями” // Шестая международная конференция по когнитивной науке: Калининград, 23–27 июня 2014 г. Калининград, 2014. С. 115–117.
3. Максимова, Н.Е., Александров И.О.. Возможная траектория эволюционного развития психологии. Часть II. Организация предметной области психологии // Психол. журн. 2016. Т. 37. №2. С. 5–18.
4. Пономарев Я.А. Знания, мышление и умственное развитие. М.: Изд-во “Просвещение”, 1967. 264 с.
5. Пономарев Я.А. Перспективы психологии творчества // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2006. С. 145–276.
6. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973. 296 с.