В. Л. Стефанюк, Творческое решение задач,
Искусственный интеллект и принятие решений, 2011, выпуск 2, 3–11

В.Л. Стефанюк[1]

Творческое решение задач[2]

Аннотация. Выбор удачного представления задачи может служить основой для её творческого решения, которое не вытекает из предварительного знания о задаче. Для поиска представления предлагается принцип семиотической интроспекции (SIP). Полезность SIP иллюстрируется на примерах, связанных с известной в ИИ задачей «крепкий орешек». Показано, что при решении более сложной пространственной задачи применение SIP приводит к неочевидному творческому решению за несколько шагов. Предполагается, что эвристика SIP является важным дополнением к известной эвристике GPS, позволяя преодолевать задачи, требующие значительного перебора вариантов.

Ключевые слова: творческое решение задач, представление задач, принцип семиотической интроспекции, задача «крепкий орешек», пространственная версия.

Введение

Будет оказано, что выбор представления задачи, производимый до ее решения, может служить основой для так называемого творческого решения задачи, т.е. решения, не вытекающего из предварительного знания об области, к которой принадлежит эта задача. Для пояснения этого ниже приводятся примеры творческих решений из практики автора, происхождение которых трудно систематизировать.

Для систематического выбора «хорошего» представления предлагается воспользоваться концепцией, названной автором принципом семиотической интроспекции (SIP). Ее использование противопоставляется отдельным приемам поиска творческого решения задач. Полезность SIP, демонстрируется в статье на примерах так или иначе связанных с задачей «крепкий орешек», на которую обратил внимание специалист в области искусственного интеллекта (ИИ) Дж. Маккарти [1]. Совершенно новым является решение аналогичной пространственной задачи, где применение SIP приводит к неочевидному для людей творческому решению буквально за несколько шагов. В заключение высказывается мнение, что объединение эвристики SIP с традиционной для ИИ эвристикой GPS позволяет рассчитывать на самое серьезное продвижение в решении разнообразных интеллектуальных задач в рамках ИИ.

1. Предисловие

Решение логических задач на ЭВМ – хорошо изученная область искусственного интеллекта [2,3]. Имеются разнообразные средства для логического анализа ситуации, которые были использованы при организации довольно сложного поведения робота (Например, система Strips, предназначенная для робота Шейки). Распространены всевозможные системы доказательства теорем. Описаны целостные логические системы, решающие разнообразные прикладные задачи [2]. Нерешенными остались лишь отдельные, будто бы «мелкие» вопросы.

Другое дело – *творческое решение* каких-либо задач [4].

Можно сказать, что для многих именно в творчестве и состоит кардинальное отличие реального интеллекта человека от искусственного подобия нашего разума, воссоздаваемого на компьютере.

---

[1] По материалам приглашенного доклада, прочитанного 24 сентября 2010 г. на конференции КИИ-2010 в Твери.

[2] Работа частично финансировалась РФФИ по проекту 09-07-00233 и по программе №211 Президиума РАН.

Иногда складывается впечатление, что творчество – это удел людей. Да и не всех, а их некоторого небольшого подмножества. По пальцам можно пересчитать знаменитых художников и музыкантов. Несколько больше просто хороших художников и музыкантов. И совсем много людей, не владеющих ни кистью, ни клавишами.

Известны выдающиеся математики нашего времени и таких имен не так уж много. И это на фоне того, что один мехмат МГУ ежегодно выпускает сотни профессиональных математиков, каждый из которых на голову превосходит в своей области тех математиков, которые не получили такой подготовки, например, физиков, химиков и др., также занимающихся теоретическими проблемами.

Из сказанного ясно, что ставить вопрос о творческом подходе в рамках искусственного интеллекта могут лишь наиболее выдающиеся его представители, такие как, например, отцы-основатели искусственного интеллекта – Джон Маккарти или Марвин Минский, которые обладают завидной смелостью и настойчивостью в достижении поставленной цели.

Definition (informal): A solution to a problem is creative if it involves concepts not present in statement of the problem and the general knowledge surrounding it. Don't identify creativity with difficulty although they are usually correlated.

Рис. 1. Определение творческого решения[3]

Напомним некоторые примеры нестандартных решений из личной практики, которые я условно рассматриваю здесь как **творчество в силу обстоятельств**, потому что перечисленные новые решения были найдены без явного использования теоретической базы творческого процесса, о чем речь пойдет в дальнейших разделах настоящей статьи, развивающих основные результаты [5]:

- *коллективное поведение* автоматов – (Стефанюк, 1963),
- *коллектив радиостанций, т.е. сотовая связь* (Стефанюк, 1967),
- *стопка книг (М.Л.Цетлин, 1961) и случайная память* (Стефанюк, 1974).
- *Мета-ЭС* (Стефанюк, 1990)
- *Динамическая экспертная система* (Стефанюк, 1991).
- *Активная фильтрация спама* (Стефанюк, 2000).

На Рис. 2 и на Рис. 3 приведены некоторые основания для двух творческих решений «в силу обстоятельств». Там показаны соображения в пользу предложенных постановок задач и найденных решений, как они представляются автору сегодня. (Эти решения подробно описаны в [6, 7], соответственно).

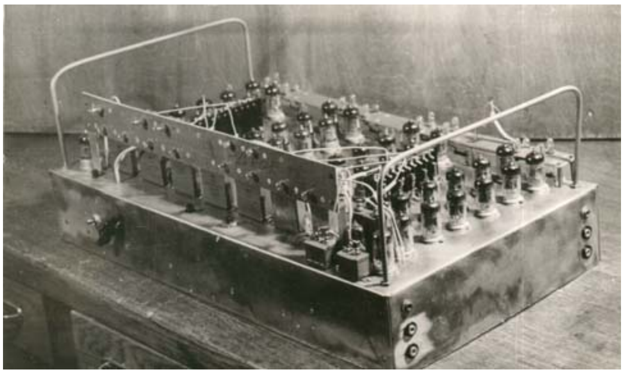

Рис. 2. В результате создания этой обучающейся машины у автора возникла концепция коллективного поведения

Рис. 3. Этот портативный радиоприемник (В.Л. Стефанюк, 1956 г.) и концепция коллективного поведения привели к представлению о новой системе связи - коллектив радиостанций, которая через много лет получила широкое распространение в мире как мобильная связь

[3] Определение (неформальное): Решение некоторой проблемы считается творческим, если в нем используются понятия, которые отсутствуют в исходной формулировке этой проблемы и в том общем знании, которое обычно сопутствует используемой формулировке. Не путайте творчество с вопросом сложности задачи, хотя они часто оказываются тесно связанными [4].

Аналогичные объяснения «творчества в силу обстоятельств» могут быть найдены и для других перечисленных выше случаев, но в настоящей работе нас интересует вопрос наличия достаточно общих теоретических оснований для поиска творческих решений.

2. Представление задач

В ходе международных конференций по искусственному интеллекту IJCAI-II IJCAI-III, IJCAI-IV[4], нами были сделаны доклады по вопросу *представления задач* на примере задачи «крепкий орешек», идущем от Дж. Маккарти (США) [1]. Эта задача рассматривалась, например, в работах С. Амареля, где использовался термин представление задач[5]. К этому примеру сам Дж. Маккарти вернулся десять лет назад, назвав всё направление *творческим решением задач* [4].

Но прежде всего, отметим, что на пути *признания* творческих решений, может быть, в силу их необычности, возникают определенные трудности, иногда задерживающие их продвижение. Главные из этих препятствий

- игнорирование (непонимание, замалчивание).
- нецитирование (иногда заимствование).

В качестве примера приведем игнорирование в США публикации перевода книги М.Л. Цетлина [7] и всех работ по коллективному поведению и играм автоматов, вышедшим задолго до этого срока в СССР. Характерно, что вместо понятия коллективного поведения [6] на Западе получил широкое распространение термин многоагентные системы. Критике этого обстоятельства посвящена публикация [9].

В работе [10] детальному обсуждению подверглась негативная роль нецитирования и, наоборот, стимулирующая роль своевременного цитирования. Яркие примеры строгого анализа статистики взаимного цитирования на примере исследований в области машинной обработки естественного языка содержится в недавних работах В.Ф.Хорошевского, показывающих, что часто цитирование происходит лишь внутри групп, тесно связанных взаимным сотрудничеством.

Сейчас трудно предвидеть, как изменятся эти обстоятельства, если определенные возможности творческого решения задач получит компьютер, а не личность. Но ясно, что потребуется пересмотр проблем нецитирования или вопросов игнорирования получаемых результатов, поскольку роль личности создателя решения при этом уходит на второй план.

3. Определение творческого решения задачи

Приведенное выше определение принадлежит Дж.Маккарти и взято из его публикации [4]. В этой публикации подчеркивается, что определение носит неформальный характер и что упрощение всей концепции достигается за счет отказа от рассмотрения вопроса о творческом решателе задач, останавливаясь только на творческом решении задач.

В настоящей работе мы на самом деле начинаем говорить именно о творческом решателе, рассматривая творческие решения лишь как иллюстрацию возможностей такого решателя, отдавая себе отчет, что нами сделаны лишь первые шаги в этом направлении. Наши иллюстрации так или иначе привязаны к задаче «крепкий орешек», суть которой отражена на Рис. 4.

Задача «крепкий орешек» состоит в том, чтобы доказать, что массив из клеток, показанный слева, нельзя плотно покрыть косточками

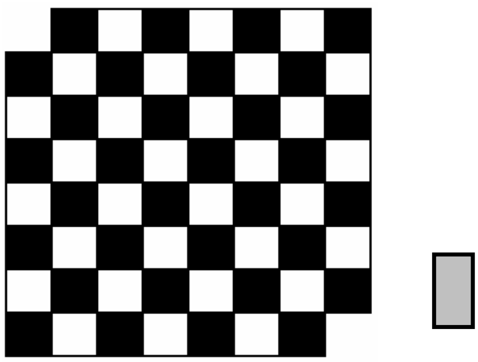

Рис. 4. К формулировке задачи «крепкий орешек»

---

[4] В 1975 г. автор статьи совместно с Э. Сандеволлом (Швеция) организовал Международную объединенную конференцию по искусственному интеллекту (IJCAI-IV) в г. Тбилиси, а в 1976 г. – Фирбушское совещание в Ленинграде (вместе с Д. Мики). Можно утверждать, что с 1976 года западный искусственный интеллект получил широкое признание в нашей стране, поскольку впервые с его лучшими представителями познакомились такие крупные наши ученые, как Г.С. Поспелов и Д.А. Поспелов, Л.Т. Кузин, В.И. Варшавский и др.

[5] В публикации S. Amarel "On Representations of Problems of Reasoning About Actions" (Machine Intelligence 3, pp. 131-171) «хорошее» представление отыскивалось в ходе индукции по размеру задачи, учитывая специфику задачи «крепкий орешек».

домино так, чтобы ни одна клетка не была пропущена и ни одно домино не выходило за пределы этого массива.

Предлагая этот пример [1], Дж. Маккарти отмечает, что решение задачи средствами полного перебора неминуемо ведет к чрезвычайно большому числу вычислительных шагов, которые нужно проделать. На существовавших в то время компьютерах провести такой перебор было бы просто нереально.

В то же время людям известно одно «красивое» решение этой головоломки. В нем предлагается заметить, что каждое домино, положенное на массив слева, покрывает одну черную и одну белую клетку. Поскольку общее число черных клеток массива превосходит число белых, то предположение о возможности плотного покрытия такого массива приводит к противоречию.

В работе [1] подчеркивалась особая важность этой задачи для ИИ, поскольку указанный полный перебор является единственным естественным решением, подчиняющимся логике работ в этой области[6].

Кстати, некоторые исследователи решили, что мысль об *инварианте* (равном удалении черных и белых клеток) является крайне важной, и может получить какое-то самостоятельное обобщение (см. пример ниже).

В статье рассматривается другой путь, на котором формулируется достаточно общая проблема поиска *представления исходной задачи*. На этом пути были получены многочисленные результаты, которые изложены в публикациях [5, 12, 13]. Чтобы не быть голословным, будут приведены несколько цитат из более поздней публикации Маккарти [4], где он анализирует примеры творческого решения задачи «крепкий орешек», полученные некоторыми специалистами [7].

The first «non-creative» solution was proposed by Shmuel Wino-grad of IBM. He claimed it was non-creative, because it didn't involve coloring.

Assume a covering. The number of dominoes projecting from the top row to the second row is odd. Likewise the number from the second to the third is odd, etc. Therefore, the total number of vertical dominoes is the sum of seven odd numbers and hence odd. Likewise the the number of horizontal dominoes is odd. Odd -f- odd is even so the total is even, but the total is 31. There is an apparent mathematical induction here in the "etc.". We will see later that the idea itself does not include the induction.

Surely Winograd's proof is creative, but we can ask whether there is one creative idea in it or several. My guess is that there was one creative idea, and the rest was straightforward for a good mathematician like Winograd.

Далее в [4] говорится[8]

The second was by Marvin Minskv of M.LT.

Start with the 2-diagonal next to an excluded corner square. 2 dominoes must project from it to

---

[6] В работе [4] отмечается, что в настоящее время известны решения этой задачи, полученные методами полного перебора. Но важность постановки вопроса для ИИ этим не снимается, поскольку, например, незначительное увеличение числа клеток в массиве слева сделает эту задачу нерешаемой путем перебора вариантов и на сегодняшних достаточно быстрых компьютерах (см. теорему ниже, относящуюся к массиву клеток, имеющему произвольный размер).

[7] *Перевод:* Первое «нетворческое» решение было предложено Ш. Виноградом из фирмы ИБМ. Он заявил, что это решение не носит творческого характера, потому что оно не связано с раскраской массива.

Предположим, что достигнуто некое покрытие. Тогда число домино, проектирующихся с верхнего ряда на второй ряд клеток, нечетно. Точно также и со второго ряда на третий и т.д. Следовательно, общее число вертикальных домино – это сумма семи нечетных чисел, т.е. является нечетным. Точно также, число горизонтальных домино – нечетно. Нечетное число плюс нечетное является четным числом. Но общее число таких домино равно 31. Очевидно, здесь имеется математическая индукция, заключающаяся в « и т.д.» Впоследствии мы увидим, что идея сама по себе не содержит индукции.

Безусловно, доказательство Винограда является творческим, но мы не можем сказать, имеется ли здесь лишь одна творческая идея, или их несколько. Моя догадка состоит в том, что творческая мысль здесь ровно одна, а остальное является достаточно очевидным для такого хорошего математика, как Ш.Виноград.

[8] *Перевод*: «Второе доказательство было предложено М. Минским из Массачусетского технологического института (МТИ).

Начнем со второй диагонали, следующей за отброшенной клеткой. Два домино должны проектироваться из нее на соседнюю третью диагональ. Вычитая, одно домино проектируется с третьей диагонали на четвертую. Три проектируется с четвертой диагонали на пятую. Две проектируются с пятой диагонали на шестую, четыое - с шестой диагонали на седьмую, и, наконец, три проектируются с седьмой диагонали на восьмую. Этим покрывается только 3 из 8 клеток в восьмой диагонали. Отталкиваясь от противоположной исключенной диагональной клетки, также будут покрыты только 3 клетки восьмой диагонали. Доказательство Минского получит весьма низкий бал при оценке его креативности, поскольку он отталкивается от массива клеток 8 на 8».

the adjacent 3-diagonal. Subtracting, one domino projects from the 3-diagonal to the 4-diagonal. 3 project from the 4-diagonal to the 5-diagonal. 2 project from the 5-diagonal to the 6-diagonal, 4 from the 6-diagonal to the 7-diagonal and finally 3 project from the 7 diagonal to the 8-diagonal, This covers only 3 of the 8 squares in the 8-diagonal. Coming from the opposite excluded corner also only covers 3 squares of the 8-diagonal, leaving 2 uncovered squares. Minsky's proof gets high points for non-creativity, because it is specific to the 8 by 8 board.

Затем в работе [4] говорится[9]

The third method is by Dimitri Stefamik of Moscow[7], Russia. He suggested 02 proofs—or 17, taking into account symmetries.

Choose an arbitrary square and mark it 1. Mark its rectilinear neighbors "J. their unmarked neighbors 3, continuing until every unexecluded square is marked. Then proceed as in Minsky's proof, counting the number of dominoes projecting from the l-squares to the 2-squares, etc. We get a proof if there are not enough dominoes projecting from the *n* — 1 squares to the n-squares. Every attempt at a Stefanuk proof succeeds. Stefanuk proofs are just as uncreative a Minsky proofs.

Remark: Counting colors shows that Stefanuk proofs and Minsky proofs always work on any even board. However, this argument is at a met a-level to the Minsky and Stefanuk proofs and therefore can't claim to be non-creative.

В заключение в [4] сказано следующее[10].

In fact, the Winograd, Minsky and Stefanuk proofs are all creative, and we will try to identify the creativity involved and give a concise expression the ideas.

И еще в [4] говорится [11]

I Supp e they count as creative, but maybe as one creation rather than two.

In a future article, we hope to put the Winograd and Stefanuk proofs in a logical form that isolates the creative part from the routine part.

Возвращаясь к вопросу поиска представления задач [5, 12, 13], следует отметить, что пример В.Л. Стефанюка для творческого решения задачи «крепкий орешек», упоминаемый в статье Маккарти, - не исчерпывает всей ситуации. Можно рассказать гораздо больше об этой и похожих задачах, опираясь на полученные ранее результаты, не известные Дж. Маккарти.

Это позволит очертить авторский подход к творческому решению задач вообще и фактически ответить на вопросы, поставленные в [4].

Представление задач – раздел, фигурировавший в программе конференции IJCAI-IV. К сожалению, он постепенно забылся, будучи вытесненным похожим термином *представление знаний*, связь с которым носит весьма отдаленный характер.

Вообще, когда говорят о творческом решении задач, то упоминают обычно инсайт (т.е. прозрение) или «мистическую силу догадки» (Ч. Пирс, В.Н. Вагин [3], В.К. Финн [2]).

Рассуждая можно ли «снизить уровень мистики», напомним о том, что в логике чаще всего прибегают к следующим способам рассуждения:

Индукция – от частного к общему.

Дедукция – от общего к частному.

Абдукция – от частного к частному.

Обращаясь к Рис. 5, можно сказать, что инсайт заключается в переходе от левого изображения к правому. Мы называем это явление сменой представления задачи. Важно подчеркнуть, что при такой смене представления еще не происходит решение поставленной задачи, поэтому здесь уместно говорить именно о логической абдукции [2, 3].

---

[9] *Перевод:* «Третий метод предложен В. Стефанюком из Москвы, Россия. Им предложено 62 доказательства или 17, если учитывать симметрию исходной задачи. Возьмем произвольную клетку массива и пометим ее 1. Пометим ее соседей симоволом 2, а не помеченных соседей – символом 3, помечая так все неудаленные клетки. А, затем действуем как в алгоритме М. Минского, подсчитывая число клеток, проектирующихся с 1-клеток на 2-клетки и т.д. Мы получаем доказательство, если среди (n-1)-клеток не хватает домино для покрытия n-клеток. Всякая такая попытка подсчета ведет в доказательстве Стефанюка к успеху. Доказательства Стефанюка столь же некреативно, как и доказательства Минского.

Замечание: подсчет цветов показывает, что доказательства Стефанюка и доказательства Минского срабатывают на любой четной доске. Однако, это соображение находится на мета-уровне по отношению к доказательствам Минского и Стефанюка, и поэтому они не могут не считаться творческими».

[10] *Перевод:* «На самом деле, доказательства Винограда, Минского и Стефанюка все носят творческий характер, и мы попытаемся выделить в каждом творческий элемент и дать четкое изложение заключенных в них идей.

[11] *Перевод*: Я предполагаю, что они считаются творческими, но, может быть, там заключены не две творческие мысли, а одна.

В будущей статье мы рассчитываем придать доказательствам Винограда и Стефанюка логическую форму, которая отделяет творческую часть от рутинной.

Проиллюстрируем этот абдуктивный этап на нескольких примерах различного представления задачи «крепкий орешек» [11] (каждая последующая задача является обобщением предыдущей):

А. Массив раскрашен на шахматный манер и сказано, что такое *инвариант*.

В. Массив раскрашен, но никаких подсказок к решению задачи не дается.

С. Предъявлен не раскрашенный массив.

D. Предъявлены фигуры – ортогоны.

Эти примеры описаны в целом ряде наших публикаций [5, 12, 13] и собраны вместе в книге [11]. Здесь они приводятся в сокращенном виде для полноты картины.

4. Принцип семиотической интроспекции

Для решения этих и подобных задач мы предлагаем *принцип семиотической интроспекции (SIP),* который в несколько вольной формулировке звучит так: *"подобное - отождествить, различие - подчеркнуть"* [5, 12].

Отождествить - значит назвать одинаково. Различить - значит дать разные имена. Отсюда использование нами слова «семиотическая».

В. Массив раскрашен

Если привычным образом занумеровать клетки массива, то для каждого покрытия этого массива можно выписать следующие последовательности расположений домино.

$$path_1 = [a_{12}, a_{13}], [a_{14}, a_{15}], [a_{16}, a_{17}], \ldots, [a_{85}, a_{86}], [a_{78}, -], [a_{87}, -]$$

$$path_2 = [a_{12}, a_{22}], [a_{13}, a_{23}], [a_{14}, a_{15}], \ldots, [a_{77}, a_{87}], [a_{87}, -], [a_{78}, -]$$

$$\ldots \qquad \ldots$$

$$path_k = [a_{12}, a_{22}], [a_{13}, a_{14}], [a_{15}, a_{16}], \ldots, [a_{85}, a_{86}], [a_{87}, -], [a_{78}, -]$$

$$\ldots \qquad \ldots$$

Если воспользоваться именами «черный» и «белый» на Рис. 5 справа, то получим, что всякое такое покрытия или последовательность превращается в

$path_i$ = [■,□],[■,□],[■,□],…,[■,□],[■,□],[■,-],[■,-] для всех i.

Отсюда если покрытие было бы возможно, то должно выполняться

$$n_i(■+□)=32■+30□,$$

что, очевидно, невозможно ни при каком значении n_i.

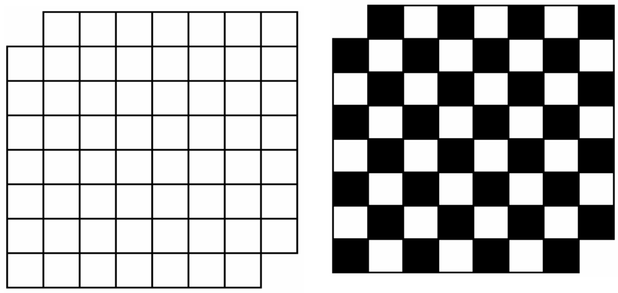

Рис. 5. Иллюстрация инсайта в задаче крепкий орешек

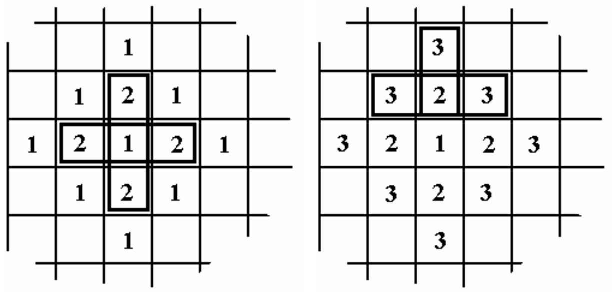

Рис. 6. «Раскраска» массива из клеток
Слева – два имени,
справа – произвольное их количество

С. Массив не раскрашен

Обращаясь к не раскрашенному массиву и применяя принцип семиотической интроспекции *SIP*, получаем два варианта, показанные на Рис. 6. Здесь подход состоит в том, что, отправляясь от клетки с именем «1», мы имеем 4 равных возможности расположить домино (Рис. 6 слева) или 3 таких возможности на этом рисунке справа. В этом смысле соседние клетки подобны и в силу нашей эвристики *SIP*, получают одинаковое имя.

D. Ортогоны

Ортогон на плоскости - это многоугольник все стороны которого или взаимно ортогональны, или коллинеарны. Обратимся к Рис. 7, где изображена формулировка задачи «крепкий орешек» на языке ортогонов.

Требуется доказать, что левый ортогон нельзя замостить ортогонами, образец которых показан на этом рисунке справа.

Во-первых, очевидно, что левый ортогон (целевой) не может быть замощен малыми ортогонами, если хотя бы один из последних не расположен параллельно сторонам целевого. Отсюда геометрическое место всех возможных

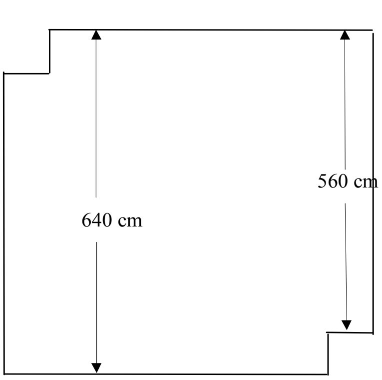

Рис. 7. Ситуация с ортогонами

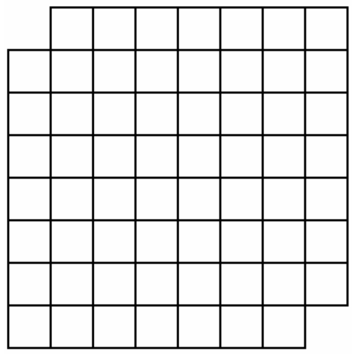

Рис. 8. Разметка «целевого» ортогона

границ малых ортогонов при успешно замощении суть совокупность линий, показанных на Рис. 8.

Иными словами, задача с ортогонами свелась к уже нами изученному случаю *C*, когда был предъявлен не раскрашенный массив. Таким образом, утверждение о невозможности замощения ортогонами можно считать доказанным.

В работе [11] показано, что формулировка задачи «крепкий орешек» на языке ортогонов имеет некоторый прикладной смысл, если рассматривать, например, вопрос возможности застилки пола японскими татами, размеры которых фиксированы.

5. Произвольный массив клеток

Определение. Для односвязного массива квадратных клеток определим *систему наименований P* путем приписывания имени 1 некоторому непустому множеству клеток массива и имён 2, 3,..., остальным клеткам так, чтобы имена любых двух соседних клеток отличались на 1.

Пусть g_k есть множество всех клеток с именем *k*, и пусть $|g_k|$ обозначает мощность этого множества. *Система наименований* называется *корректной*, тогда и только тогда, когда выполняется:

$$\blacktriangle_2 = |g_2| - |g_1| \geq 0$$
$$\blacktriangle_3 = |g_3| - |g_2| \geq 0$$
$$\ldots$$
$$\blacktriangle_{s-1} = |g_{s-1}| - |g_{s-2}| \geq 0$$
$$\blacktriangle_s = |g_s| - |g_{s-1}| = 0 ,$$

где s - „наибольшее“ имя.

Теорема. Двумерный односвязный конечный массив из *n* квадратных клеток может быть полностью покрыт (замощен) двуклеточными косточками домино тогда и только тогда, когда любая возможная для этого массива система наименований *P* является корректной [11].

6. Представление пространственной задачи

В книге [14] доказано, что куб размером $6\times6\times6$ нельзя построить из одинаковых кирпичиков размером $1\times2\times4$. (Приведенное там доказательство дается на 2-х книжных страницах. Для этого куб анер, поскольку они надеялись сопоставить эту задачу с задачей «крепкий орешек», используя понятие *инварианта*. Но полученное на этом пути решение привело авторов к весьма громоздкой комбинаторной проблеме.)

Покажем, что *принцип семиотической интроспекции* помогает найти достаточно простое *представление этой задачи*, позволяющее сделать её решение очевидным, тем самым привнося творческий элемент. Это представление не похоже на то, что вводилось в [14]. Оно впервые было представлено в [13]. Цель настоящего раздела показать, как такое представление может быть построено с применением *SIP*. Для наглядности основные этапы будут проиллюстрированы с помощью рисунков.

Кирпич как пространственный ортогон при успешном трехмерном замощении должен быть расположен так, чтобы его грани были параллельны граням исходного куба. Отсюда геометрическое место всех граней кирпичиков *при любом* успешном замощении можно увидеть на следующем рисунке Рис. 9.

То есть, видно, что каждый кирпич непременно охватывает восемь соседствующих «микро-кубиков». Остается применить *принцип семиотической интроспекции SIP*, чтобы придать подобным частям куба одинаковые имена, а различным - различные.

1. Начнем размещение кирпичика с центрального кубика и дадим этому исходному параллелепипеду 1 x 2 x 2 имя «1»

2. Окружающие его тела 1 x 2 x 2 получат имя «2» в силу их подобия, как показано на Рис. 10.

3. Все микро-кубики, составляющие тела 1 x 2 x 2 с некоторым именем, *подобны*, и мы, в силу нашей эвристики, *отождествим их*, дав им всем одно и то же имя «1» или «2», соответственно.

4. Рассмотрим такой же «крест» в горизонтальной плоскости, который проходит через нижнюю часть тела 1x2x2 с именем 1 вертикального «креста».

В горизонтальной плоскости также образуется тело 1x2x2. Временно дадим ему имя N, где N – натуральное число.

5. Окружающим его телам 1x2x2 придадим имя N +1 в силу их подобия, аналогично шагу 1.

В силу эвристики *SIP все* составляющие микро-кубики центрального тела 1x2x2 подобны и поэтому имеют одно имя «N».

6. Поскольку 4 микро-кубика, входящие в новое тело 1x2x2, уже имеют имя «1», то N =1. И, следовательно, уже 6 микро-кубиков центрального кубика получают имя 1.

7. Рассмотрим такой же «крест» в горизонтальной плоскости, но который проходит на один микро-уровень выше предыдущего. Все микро-кубики этого тела 1x2x2 аналогичным образом также получат имя 1.

8. Отсюда все 8 микро-кубиков, составляющие центральный *кубик*, получат имя 1 и, следовательно, сам центральный кубик получит имя 1.

9. В силу эвристики *SIP*, все соседние с ним кубики получают одинаковые имена.

10. Ограничимся двумя именами. Пусть имя 1 – черное, а имя 2 – белое. Тогда получаем окончательное представление исходного куба на Рис. 11.

В этом представлении задачи о кубике доказательство исходного утверждения получается достаточно простым. Действительно, на рис. 11 черных кубиков – 13, а белых – 14. Каждый кирпичик включает ровно 4 белых и 4 черных микро-кубика. Отсюда получаем, что, куб $6\times6\times6$ никак нельзя построить из кирпичей размером $1\times2\times4$.

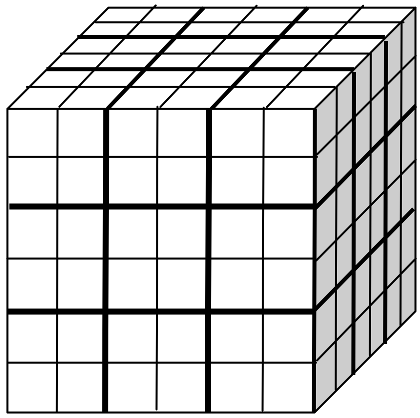

Рис. 9. Разметка «целевого» 3D ортогона

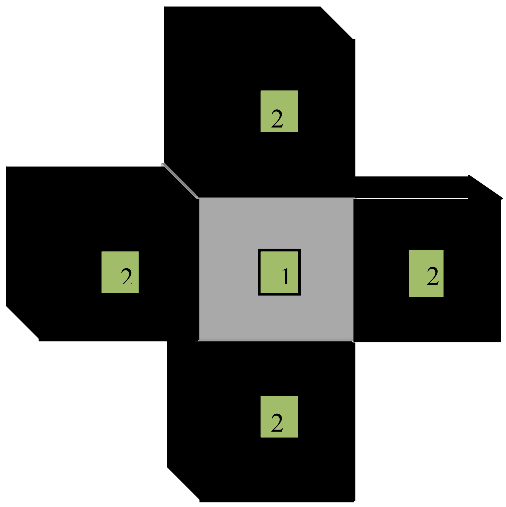

Рис. 10. Начальный этап применения эвристики

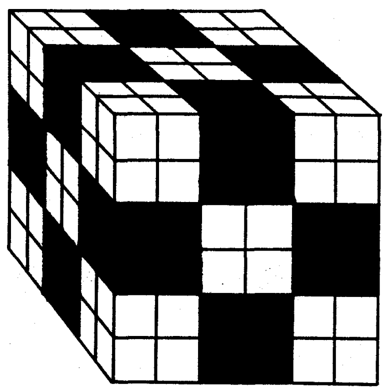

Рис. 11. Окончательное представление для пространственной задачи

Полученное решение задачи удовлетворяет определению проф. Маккарти *творческого решения,* поскольку никакого намека на него не было в формулировке исходной задачи и не содержалось в близких задачах, в частности и в задаче «крепкий орешек».

Более того, такое решение в состоянии получить несложная компьютерная программа, поскольку перебора вариантов здесь практически нет.

Заключение

1. Получен положительный ответ на вопрос, может ли компьютер получить *творческое решение* задачи в смысле неформального определения проф. Маккарти.

2. Показано, что предмет *представления задач* остается актуальным и заслуживает дальнейшего развития.

3. Формально выбор представления задач является примером проведения *логической абдукции* (ср. с работой [2]).

4. В статье описан универсальный принцип или *эвристика семиотической интроспекции (SIP)*, который помогает преодолевать комбинаторную сложность решения задач.

5. При отсутствии комбинаторной сложности, могут быть использованы традиционные для ИИ методы логического вывода (*GPS*), примеры успешного применения которого можно найти, например, в книге [15]. Поэтому кажется, что с добавлением к ним эвристики *семиотической интроспекции* (*SIP)* для преодоления комбинаторной сложности появляется реальная возможность разработки полноценного искусственного разума.

Литература

1. McCarthy J. A Tough Nut Proof Procedures. Stanford University, AI Project Memo 1964, N 16.
2. Финн В.К. Правдоподобные рассуждения в интеллектуальных системах типа ДСМ // Итоги науки и техники. М.,1991, Т. 15, С. 54-98.
3. Вагин В.Н., Е.Ю.Головина, А.А.Загорянская, М.В.Фомина. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: Физматлит, 2004. 703 с.
4. McCarthy, 1999 – J. McCarthy. Creative problem solving (1999).
5. Stefanuk V.L. On a local approach to representation in problem solving. Proceedings of the 3IJCAI, Stanford: Stanford University, 1973. - pp. 612-617.
6. Стефанюк В.Л. Пример задачи на коллективное поведение двух автоматов//Автоматика и телемеханика. - 1963. - Т.24. - N.6. - С.781-784.
7. Стефанюк В.Л. Поведение коллектива автоматов в задаче о регулировке мощности//Проблемы кибернетики. - 1968. - N.20. - С.131-144.
8. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем, М: Наука,1969, 316 с.
9. Стефанюк В.Л. От многоагентных систем к коллективному поведению. Труды международного рабочего совещания "Распределенный искусственный интеллект и многоагентные системы" (DAIMAS'97), 1997, С. Петербург, С. 327-338, С.223.
10. Стефанюк В.Л. Индекс нецитирования или борьба старого с новым. Сборник научных трудов, Т10: Интеллектуальные системы и технологии, Министерство образования и науки Российской федерации, Москва: МИФИ, 2008, С. 29-30.
11. Стефанюк В.Л. Локальная организация интеллектуальных систем. Модели и приложения. М.: Физматлит, 2004 , 328 с.
12. Стефанюк В.Л. Представления для задачи "крепкий орешек"//Труды IY между народной объединенной конференции по искусственному интеллекту. - Т.2.. - Методы представления задач, методы поиска решений, эвристические методы. - М.: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика",1975. - С. 2.143-2.154 .
13. Stefanuk V.L. Discovery of Representations through Search: Case Study. ECAI96. 12th European Conference on Artificial Intelligence: Workshop W30: "Applied Semiotics," 1996, pp.33-37.
14. Simon H,A., Siklossy Representation and Meaning Prentice Hall, Inc. 1972.
15. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы принятия решений. М: Мир 1973. 265 с.

Стефанюк Вадим Львович. Ведущий научный сотрудник Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН. Окончил Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова в 1962 году. Доктор технических наук, профессор РУДН, академик РАЕН и МАИ. Действительный член Европейского координационного комитета по искусственному интеллекту (ECCAI), вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта. Имеет более 200 печатных работ, включая две монографии и несколько учебных пособий. Область научных интересов: математическое и компьютерное моделирование мышления человека, искусственный интеллект, коллективное поведение, коллективная радиосвязь, локально-организованные системы. E-mail: stefanuk@iitp.ru