

Принцип комплементарности стохастического и алгоритмического в творческом поиске

А. В. Гулай,

кандидат технических наук, доцент,
лауреат Государственной премии;
кафедра интеллектуальных систем БНТУ

А. И. Тесля,

кандидат педагогических наук, доцент;
кафедра социальной работы БГПУ

На уровне познания взаимодействия компонентов сложных систем наука не ограничивается анализом линейной цепи причинно-следственных отношений и неминуемо использует нелинейные многофакторные функциональные связи (многокритериальные исследовательские подходы, нелинейные синергетические модели, многомерные информационные образы). Отражением установления этих взаимодействий является введение принципа комплементарности стохастического и алгоритмического в творческом поиске, взаимодополняемости данных категорий в формировании и развитии научного знания. Указанный принцип положен в основу анализа способов создания эффективных решений изобретательских задач и методов активизации творческого поиска.

Мир науки на каждом этапе ее исторического развития строится в соответствии с определенным каноном и стандартными представлениями, связанными с понятием стиля в научном творчестве. Этим каноном выступает конкретный тип научного объяснения действительности, который устойчиво выявляется в развитии основных научных направлений. Он обуславливает введение объясняющих моделей в контексты всех фундаментальных теорий своего времени. Для стиля современного научного знания типичной является идеализация состояния, события, поведения. С повышением внимания к анализу указанных объектов наука сталкивается не только с однозначно-причинными, но и с многозначно-функциональными связями между элементами изучаемого объекта. В соответствии с этим происходит сочетание детерминированных методов творческого поиска (с установкой на рассмотрение причинных зависимостей) и вероятностных методов решения задач (с ориентацией на изучение случайных процессов).

Значение принципа комплементарности стохастического и алгоритмического в развитии научного знания. Параллельно с процессами актуализации понятий состояния, события, поведения в современной науке совершается переход от констатации чувствен-

но наличного к изучению потенциально возможного, к рассмотрению реального как реализации возможно-го. С развитием генетических методов и кибернетических подходов, теории вероятности и квантовой механики анализ потенциально возможного становится важнейшей чертой научного знания. В. Гейзенберг по этому поводу писал: «Строгие законы природы рассматривают теперь не то, что фактически осуществляется, а возможность того, что совершается...» [1].

По мысли выдающихся ученых XX в. Н. Бора, В. Паули, М. Борна, Н. Винера, значимым проявлением стиля современной науки является открытие базисного характера стохастического понимания действительности. Как отмечал Н. Винер, это понимание изменяет не только научную картину мира, но и внедряется в общественную практику, и в качестве подтверждения своего мнения он указывал на проблемы кибернетики [2]. М. Борн утверждал, что стохастический подход определяет культурные основы нашей эпохи и стиль научного знания вообще [3]. В. Паули подчеркивал, что статистичность будет определять стиль законов на протяжении длительного периода, и поэтому какое-либо ограничение стохастизма недопустимо [3].

Понимание того, что все законы объективного мира в большей или меньшей степени носят вероятностный, статистический характер, привело к формированию вероятностно-статистической тенденции в науке. Это оказало заметное влияние на весь стиль научного мышления, в том числе на изучение процессов развития знания. С появлением новых тенденций в методологии исследования окружающего мира происходит эволюция стиля научного мышления и смена стилевой установки с вероятностно-статистической на синергетическую (нелинейную). В рамках нелинейной парадигмы в качестве решающих факторов эволюции знания рассматриваются случайные флуктуации, которые при анализе линейных систем интерпретируются как несущественные и которыми обычно пренебрегают. В этом отношении эволюционный процесс в поисковой технологии предстает как своего рода фрактальное, стохастическое блуждание в поле путей формирования знаний.

Фундаментальным механизмом, обеспечивающим реализацию нелинейности развития технологий научного поиска, выступает в синергетике совокупность бифуркационных явлений. Наличие точек бифуркации означает, что рассматриваемый объект в неравновесном состоянии при определенном значении изменяемого параметра (например, количества или объема кластеров знаний) достигает так называемого порога устойчивости, за которым для него открывается возмож-

ность нескольких различных направлений развития. При наступлении такого критического момента требуется выбор нового направления поиска с привлечением другого набора сведений и вариантов их толкования, и этот выбор осуществляется случайным образом.

Случайный характер творческого поиска подтверждается психологической наукой на примере анализа продуктивного мышления человека при решении сложных многоходовых задач. Характер мыслительной деятельности при их решении в психологических науках считается типичным примером творческого мышления [4]. Обычно решение вышеуказанных задач находится не сразу, а складывается из ряда повторяющихся попыток, причем одни попытки оказываются ошибочными, тупиковыми ходами, а другие приводят к правильному решению. Такой многократный актogenesis (развитие психических актов) приближается к процессу научения, который выражается в активном приобретении знаний [5].

Для современного периода развития науки характерна парадигма (модель научного объяснения, которая канонизируется в стандартных представлениях господствующей теории, приобретает силу традиции и определяет стиль научного знания), связанная с кибернетическим образом стохастического автомата. Кибернетический подход реализуется не в виде образа определенного материального объекта, конкретного технического устройства – он касается прежде всего представлений об абстрактном «стохастическом автомате». Поэтому парадигма современного научного знания определяется рамками принципиальных возможностей стохастического автомата, способного создавать модель мышления и с ее помощью описывать существенные черты современной научной картины мира.

Парадигма стохастического автомата опирается на определенную универсализацию представлений о системах, непременно обнаруживающих ту или иную регулярность поведения. Продуктом регулярного поведения соответствующего механизма можно считать любой объект Вселенной, в том числе и самую Вселенную. Более того, представления, ассоциированные с парадигмой стохастического автомата, обусловлены стремлением изучать не объекты сами по себе, а механизмы, лежащие в основе порождения этих объектов. Считается, что стохастический автомат, если заложить в него информацию об исходном состоянии метagalaktiki, при соответствующих условиях (наличии вещества, энергии) смог бы породить Вселенную, т. е. смоделировать процесс ее самотворения.

С парадигмой стохастического автомата связаны не только такие канонические представления современного стиля в науке, как идея всеобщности технологического подхода, но и некоторые другие черты научного знания, определение особенностей которого в том или ином сочетании приводится при анализе естествознания нашего времени. Это, например, инвариантно-вариантные свойства, структурно-функциональный подход, идея простоты-сложности, модели предска-

зания-ретросказания, принцип симметрии-антисимметрии и другие, которые, следует подчеркнуть, хоть и не характеризуют в полной мере стиль современного знания, но являются его существенными модусами.

Однако, несмотря на всю значимость стохастического в современной картине мира, оно сегодня является не единственной особенностью стиля науки. Не менее важное значение имеют такие черты научного стиля, которые известным образом противостоят стохастическому в том смысле, что подчеркивают в картине мира моменты однозначности, устойчивости, инвариантности, сохранения. Одновременно с возрастанием роли стохастических методов в современной науке (и формированием нелинейного стиля мышления) происходит не менее бурный процесс развития алгоритмических подходов. Алгоритмы показывают обратную сторону стохастизации науки, при определенных фиксированных условиях они выступают в качестве логического механизма, основанного на достаточно жесткой детерминации каждого элементарного шага творческого поиска.

Только в сфере абстракций можно ставить вопрос о том, какая из парных категорий на данном этапе развития науки более эвристична, – это и есть вопрос стиля, тесно связанный с внутренней логикой развития науки. Онтологический статус категорий стохастического и алгоритмического не отождествляется с представлениями, характерными для эвристических приемов оперирования односторонними абстракциями (отражением которых является, в частности, образ стохастического автомата). Онтологически нельзя отдать предпочтение вероятности перед необходимостью, стохастичности перед алгоритмичностью. Эти категории органично связаны между собой, о чем говорит анализ содержания современной науки. Более того, развитие современных научных методов свидетельствует о том, что алгоритмизация и стохастизация (можно сказать, противоположные свойства научного знания) часто совпадают. Поэтому необходимо говорить о комплементарности стохастического и алгоритмического как о характерной особенности современного стиля развития творческого поиска.

Тема случайности как принципа творческого поиска и создания научного изобретения разрабатывается со второй половины XIX в. *«Ставится проблема, решение которой нам нужно изобрести. Мы знаем, каким условиям должна удовлетворять искомая идея; но мы не знаем, какой ряд идей приведет нас к ней. Другими словами, мы знаем, чем должен закончиться наш мысленный ряд, но не знаем, с чего он должен начаться. В этом случае, очевидно, не может быть другого начала, кроме случайного. Наш разум пробует первый же открывшийся ему путь, замечает, что этот путь – ложный, возвращается назад и принимается за другое направление»* [6]. Однако, по мнению известного французского математика Ж. Адамара, *«открытие не может быть сделано лишь благодаря случаю, хотя последний может играть в нем некоторую роль... От-*

крытие обязательно зависит от более или менее интенсивной предварительной сознательной работы» [7].

Идея сочетания случайного и причинно-обусловленного находит отражение в методологии науки, в частности выявляется при анализе доктрины эволюционной эпистемологии К. Поппера (рис. 1). Согласно его идеям существуют три мира – мир физических объектов (мир 1), мир индивидуального мышления (мир 2) и мир объективного содержания мышления (мир 3) [8]. Более информативным подходом является классификация типов «подмиров», выделяемых как частные случаи мира 1. В соответствии с характеристикой универсумов, содержащих изучаемые события, выделяются следующие спецификации мира 1: мир 1-1, включающий случайные события; мир 1-2, состоящий из событий, между которыми имеются

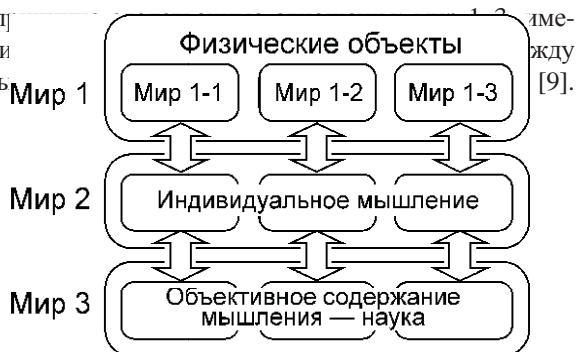


Рис. 1. Сочетание стохастического и алгоритмического в концепции существования трех миров К. Поппера

Взаимодействие трех миров (1, 2, 3) осуществляет познающий субъект, причем не только сведения о мире 1 посредством мира 2 расширяют содержащиеся в мире 3 знания, но и мир 3 действует на мир 2, а через него – на мир 1. Мир 2 работает над открытием и решением проблем мира 3, и деятельность субъекта в мире 2 создает исходный материал мира 3. Воздействие мира 3 на мир 2 происходит в том смысле, что эпистемология, исследующая мир 3, проливает свет на мир субъективного сознания, особенно на субъективные процессы мышления. Принципы формализации знаний и рассуждений, соответствующих приведенным типам мира 1, адекватны природе этих миров. Для мира 1-1, включающего случайные события, это совокупность вероятностных методов и средств. Аппарат формализации рассуждений о причинно-следственных зависимостях определяет природу мира 1-2. Для описания мира 1-3 характерна формализация комбинированного применения логических и статистических средств.

Развитие алгоритмических подходов в творческом поиске при создании научных изобретений. По нашему мнению, поиски алгоритмичности наиболее успешны в техническом творчестве: в области решения изобретательских задач, что обусловлено характерными особенностями изобретательского поиска. Они заключаются в том, что процесс решения технической задачи обязательно завершается рожде-

нием, обработкой и внедрением принципиально новой инженерной идеи. Инженерная задача становится изобретательской, если преодолевается техническое противоречие между традиционным исполнением и перспективами совершенствования того или иного объекта (рис. 2). Данное противоречие возникает в том случае, когда при попытке улучшить известными способами один параметр (компонент) технического объекта ухудшается другой его параметр (компонент). Для получения положительного эффекта в разрешении проблемной ситуации требуется введение новых комбинаций параметров, технических предложений.

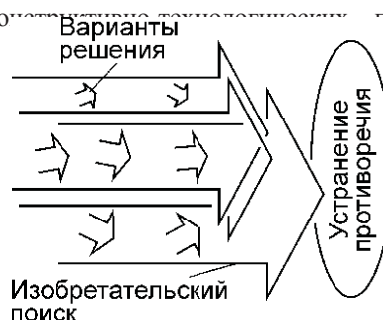


Рис. 2. Алгоритмизация изобретательского поиска при формировании множества вариантов разрешения противоречий

Сегодня из всей совокупности разработанных технологий изобретательского поиска следует выделить подход, называемый «методом проб и ошибок», или «слепым перебором», который и положен К. Поппером в основу его идеи эволюции научного процесса [8]. Решение изобретательских задач таким методом требует анализа всех формулируемых вариантов, число которых при рассмотрении достаточно сложных технических вопросов достигает значительной величины. Чтобы в некоторой степени упорядочить, сделать более целенаправленным рассмотрение этих вариантов, разработаны многочисленные методы решения изобретательских задач и активизации творческого поиска [10]. В нашем исследовании выделим те из них, которые позволяют наиболее отчетливо представить мысль о сочетании стохастического и алгоритмического в творческом поиске.

Достаточно широкое распространение получил метод контрольных вопросов, при составлении которых и при поиске ответов на которые рассматриваются возможные пути решения стоящей изобретательской задачи, выявляются направления, выводящие на оптимальный вариант ответа. Группа первоначально составленных вопросов оперативно дополняется и конкретизируется за счет подсказок, как полученных в ходе применения метода поиска самим изобретателем, так и сделанных сторонними экспертами. Особенность составляемого перечня вопросов заключается в следующем: он, как правило, содержит указания только на то, что надо сделать, но не предоставляет объяснений, как это сделать. Поэтому данный метод творческого поиска используется на начальных стадиях постановки и решения относительно простых технических задач.

В сравнительно короткое время создать большое число оригинальных технических объектов позволяет морфологический метод изобретательского поиска. В соответствии с этим методом поиск решений технических задач включает следующие основные этапы: расчленение объекта (процесса, проблемы) на основные функциональные узлы (параметры); последовательное независимое рассмотрение этих компонентов и выбор для них всех возможных решений; составление многомерной таблицы (допустимо – виртуальной, условной), которая содержит варианты решения задачи (сочетания компонентов); анализ и оценка всех возможных решений с позиции оптимального достижения поставленной цели; определение и отбор наилучшего варианта из всего перечня полученных решений для практического использования.

Предпринимались неоднократные попытки усовершенствования морфологического метода, предложен ряд его модификаций. Например, способ систематического покрытия поля поиска; способ анализа экстремальных ситуаций; сопоставление эффективного и неоптимального решения; построение универсальной таблицы – фантограммы; комбинаторный (матричный) синтез. Одним из вариантов морфологического синтеза является метод многократного последовательного классифицирования, основанный на поэтапном сокращении допустимого множества вариантов и структурном (агрегированном) описании исследуемого объекта. В данной модификации морфологический метод позволяет увеличить детальность описания вариантов и повысить надежность их экспертной оценки.

Разработаны также методы, представляющие собой различные комбинации рассмотренных выше приемов решения изобретательских задач. Например, метод семикратного поиска (как сочетание морфологического анализа с применением системы вопросов) содержит стратегическую и тактическую составляющие. Стратегический поиск делится на семь стадий, и сущность стратегии использования метода состоит в последовательном системном многократном применении морфологических матриц 7x7. Тактическая часть применения метода состоит из практических приемов активизации творческого поиска, используемых на разных стадиях процесса создания нового технического объекта, например, если поставленная задача не разрешена.

В основу такого метода, как «теория решения изобретательских задач» наряду с представлениями об изобретении как о способе разрешения противоречия положены закономерности развития объектов творческого преобразования – технических систем. Выделены две группы основных законов, характеризующих технические системы в статике (целостности представления системы; сквозной энергетической проводимости; согласования ритмики компонентов) и в динамике (повышения степени идеальности; неравномерности развития компонентов; развития до перехода в надсистему; управляемой ди-

намизации структуры; перехода с макроуровня на микроуровень). Предусматривается выявление конкретного физического противоречия между свойствами одного и того же элемента системы, которое составляет сущность имеющегося технического противоречия.

На основе «теории решения изобретательских задач» создана комплексная программа, позволяющая проанализировать исходную задачу, построить ее модель, выявить противоречие, мешающее получению желаемого результата известными путями, и найти наиболее эффективный прием разрешения этого противоречия. Строгая последовательность действий по реализации данной программы названа ее авторами «алгоритмом решения изобретательских задач». Движение по этапам предложенного алгоритма – это применение последовательного логического системного анализа. Многочисленные приемы данного алгоритма способствуют активизации мыслительного процесса, облегчают выбор перспективного решения технической проблемы.

Отдельно необходимо рассмотреть разработанные методы преодоления негативных особенностей мышления человека и формирования принципиально новых взглядов на стоящую изобретательскую задачу. Этому способствуют, в частности, особые «режимы мышления» (стратегическими схемами, в параллельных плоскостях, с нескольких точек зрения и другие), предназначенные для более глубокого осознания стоящих вопросов, для контроля над ходом поиска оптимального решения и приспособления образа мышления к задачам изобретательства. Такие же цели достижимы с использованием функциональных методов в виде последовательности операций по определению функций отдельных элементов объекта, выявлению основной функции и поиску путей ее совершенствования.

Развитие творческого мышления и ускорение поиска решения технических задач достигается за счет различных эвристических приемов, владение которыми важно для каждого изобретателя. (Эвристические приемы – это методы и правила анализа проблемных ситуаций и поиска новых решений, базирующиеся на определенных принципах новаторского творчества). Сегодня создан фонд указанных приемов, который включает ряд последовательных уровней решения изобретательских задач. Поиску оптимального изобретательского решения способствует прохождение различных уровней модификации объекта за счет преобразования его свойств, например, формы, структуры, материала, а также его изменений во времени и в пространстве.

На свойствах памяти и мышления человека основаны ассоциативные приемы активизации изобретательской деятельности (в психологии под ассоциацией понимается осознание взаимосвязей между идеями, восприятиями и другими психическими образованиями). Метод ассоциаций используется для разрушения стереотипных представлений о совершенствуемых объектах на стадии постановки задачи, поиска решения, при выявлении новых функций объекта и в

других случаях. Его подвидом является метод фокальных объектов, основная цель при реализации которого заключается в усилении концентрации внимания на разрабатываемом объекте. Среди основных шагов по применению метода выделяются такие этапы, как определение фокального объекта и выбор случайных объектов, а также генерирование идей путем присоединения к фокальному объекту случайно выбранных объектов.

На использовании эвристических приемов с привлечением свободных ассоциаций базируется широко известный метод «мозгового штурма», целью применения которого является получение за короткий промежуток времени большого количества предложений по решению проблемной задачи. Данный метод возник как стремление устранить одну из наиболее серьезных помех творческому мышлению – боязнь критики выдвигаемых идей. В целях устранения психологических помех метод «мозгового штурма» предполагает выдвижение и анализ любых идей, так как они могут стимулировать появление более ценных предложений. Процедура поиска решения технической задачи проводится в два этапа: выдвижение разнообразных идей; выбор приемлемых предложений. Разновидностями метода являются обратный, индивидуальный, парный, массовый, поэтапный поиск и другие модификации.

Родственным методу «мозгового штурма» признается метод синектики, или объединения разнородных элементов. В основе данного подхода лежит метод мозговой атаки, однако поиск проводится, в отличие от традиционного мозгового штурма, не разово собранными, а постоянными группами исследователей. Одним из этапов реализации метода синектики является освоение практики использования аналогий: прямых (сопоставление с похожим объектом техники и естествознания); личных (отождествление самого себя с исследуемым объектом); символических (реализующихся при подборе метафор); фантастических (представление объекта в идеальном виде). Положительным качеством синектики является то, что она дает серию подсказок, помогающих разорвать круг привычных мыслей, когда к решению задачи необходим нетривиальный подход.

На выявление тенденций развития технических объектов, предназначенных для удовлетворения растущих потребностей человека, направлен метод аналогий (используются функциональные, структурные, субстратные и другие аналогии). Достаточно продуктивным с точки зрения создания инновационных решений является поиск аналогий в деятельности живого организма и функционировании технических систем. Сегодня одной из наиболее популярных аналогий представляется «компьютерная метафора», смысл которой состоит в отношении к естественному интеллекту как к вычислительному устройству и в рассмотрении различных качеств интеллекта по аналогии со свойствами компьютеров.

Здесь нет необходимости подробно рассматривать все известные методы изобретательского поиска,

так как большинство из них в той или иной степени сопоставимо с рассмотренными нами. Более того, эти приемы имеют общую особенность: они направлены на создание многообразия и даже избыточности вариантов решения технической проблемы. Следует особо отметить, что применение этих методов позволяет решить ограниченные, хотя и очень важные, задачи: активизировать творческий процесс поиска изобретательского решения; в определенной степени алгоритмизировать процедуру формирования множества вариантов решения. Однако процесс выбора оптимального решения в пространстве сформированных вариантов остается случайным.

Таким образом, предложенные методы решения изобретательских задач позволяют очертить поле творческого поиска, но не приводят к созданию определенной траектории поискового процесса. При этом поисковые технологии представляют собой сочетание алгоритмического (формирование пространства вариантов) и стохастического (случайный перебор вариантов) начал в решении изобретательских задач. Ни один из известных способов решения технических проблем не устраняет случайного характера проведения наиболее важного этапа поиска – формирования целостного объекта. Поэтому вполне оправданно все попытки создания методики изобретательства (как алгоритма решения изобретательских задач) называют «малоуспешным единоборством разума с методом проб и ошибок».

Список литературы

1. *Гейзенберг, В.* Открытие Планка и философские вопросы учения об атомах / В. Гейзенберг // Вопросы философии. – 1958. – № 11. – С. 64–76.
2. *Винер, Н.* Мое отношение к кибернетике / Н. Винер // М.: Сов. радио, 1969. – 25 с.
3. *Борн, М.* Физика в жизни моего поколения / М. Борн. – М.: ИИЛ, 1963. – 535 с.
4. *Тихомиров, О. К.* Психология мышления / О. К. Тихомиров. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 272 с.
5. *Бойко, Е. И.* Механизмы умственной деятельности / Е. И. Бойко. – М.: Московский психолого-социальный институт, Воронеж: НПО «МОДЭК», 2002. – 688 с.
6. *Кэмпбелл, Д. Т.* Эволюционная эпистемология / Д. Т. Кэмпбелл // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – С. 92–146.
7. *Адамар, Ж.* Исследование психологии процесса изобретения в области математики / Ж. Адамар. – М.: Сов. радио, 1970. – 152 с.
8. *Поппер, К.* Логика социальных наук / К. Поппер // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – С. 298–313.
9. *Финн, В. К.* Эволюционная эпистемология Карла Поппера и эпистемология синтеза познавательных процедур / В. К. Финн // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – С. 364–424.
10. *Шаршунов, В. А.* Как найти и защитить свое изобретение / В. А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2009. – 335 с.