

## Об онтологии видов задач и методов их решения

А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер

*Институт проблем управления РАН, Москва, Россия*

### Аннотация

В статье развивается предложенный в ИПУ РАН вариант трансдисциплинарного подхода, ориентированного на выявление и систематизацию видов задач и методов их решения. Этот подход, отталкиваясь от задачи, как таковой, индуктивно восходит от понятия задачи через понятие единичного ко Всеобщему, далее позволяя дедуктивно выявить и систематизировать виды единичных, установив в этом построении место задач. Рассмотрена возможность выявления и систематизации видов задач, качественно различающихся по методам решения, исходя из порождающих эти задачи истоков. Представлена процедура выявления и систематизации ключевых видов задач, по которым разложимы любые иные задачи. В соответствии с процедурой разложения методы и свойства методов решения ключевых задач определяют методы и свойства методов решения комбинируемых на их основе задач. Согласованность предлагаемого пути систематизации с известными онтологическими построениями вытекает из индуктивно-дедуктивной процедуры отслеживания истоков происхождения понятий и положений, лежащих в основе различных онтологических построений. Это позволяет определить место этих построений в формируемой целостной картине видов единичных, видов задач и методов их решения. Раскрыты потенциальные возможности, открываемые на пути дальнейшего следования трансдисциплинарному подходу; обозначены направления дальнейших исследований, позволяющих в перспективе выработать предельно формализуемую технологию синтеза методов решения различных задач.

**Ключевые слова:** онтология, систематизация, виды задач, методы решения задач, целенаправленная деятельность, трансдисциплинарный подход.

**Цитирование:** Фаянс, А.М. Об онтологии видов задач и методов их решения / А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.273-295. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.

### Введение

Бурно растущее в процессе человеческой деятельности многообразие задач и появление новых методов их решения вызывает необходимость в систематизации задач и методов их решения. Исторически такая систематизация проводилась на основе дисциплинарного, полидисциплинарного, междисциплинарного подходов. В последнее время особое внимание уделяется трансдисциплинарному подходу, который ориентирует на систематизацию, проходящую сквозь границы многих дисциплин, допускающую выход за пределы конкретных дисциплин, и в то же время позволяющую учитывать специфику каждой области [1, 2]. Трансдисциплинарный подход опирается на факт наличия общих когнитивных схем для разных направлений деятельности, позволяя их переносить из одного направления в другое, и на их основе разрабатывать и осуществлять проекты исследований любой сложности [1]. Наглядным примером следования трансдисциплинарному подходу является *методология* [3-6], понимаемая как учение об организации деятельности.

Представленные в литературе научные построения, включая и онтологии, опираясь на положенные в их основу утверждения, как правило, в полной мере не рассматривают истоки происхождения этих утверждений (см., например, [7-10]). Отсутствие указания на такие ис-

токи нарушает строгость научного построения, предусматривающего логически обоснованный вывод возможных общих схем, исходя из упомянутых истоков. Так, например, в случае методологии, теоретическая разработка начинается с рассмотрения деятельности (целенаправленной активности) в целом, и далее, в процессе развития, рассматривает её исторически сложившиеся формы. Анализ истоков самой деятельности при этом оказывается за рамками данного научного направления.

Для выявления упомянутых истоков необходима смена взгляда на деятельность. Авторами было предложено рассматривать деятельность как область, связанную с решением задач. *Задача* при этом рассматривалась как *сформулированная субъектом (субъектами) осознанная и осмысленная необходимость удовлетворения потребности субъекта (субъектов) в чём-либо в определённых условиях при возможном действии ряда ограничений, связанных с потребностью и процессом её удовлетворения*. В качестве методической основы, обеспечивающей строгость вывода, было предложено использовать разрабатываемый в ИПУ РАН вариант индуктивно-дедуктивного подхода, который предусматривает последовательное выполнение четырёх этапов, представленных в [11] и сформулированных здесь в общем виде:

- 1) выявление сути рассматриваемой задачи и её формулировка в терминах однозначно толкуемых понятий;
- 2) родовое обобщение – неоднократный переход к более общему (родовому) уровню рассмотрения, предусматривающий абстрагирование от указанных в исходной формулировке менее существенных особенностей объектов, характеристик объектов и природы этих характеристик при условии применимости возможностей родового уровня к видовым по отношению к нему уровням;
- 3) рассмотрение возможностей на высшем из достигнутых уровней обобщения;
- 4) движение «вниз» вплоть до исходной задачи – перенос возможностей более общего уровня на подчинённые ему по иерархии уровни с добавлением возможностей, обусловленных спецификой подчинённых уровней.

Важным элементом при следовании представленному подходу является логическая прозрачность всех выполняемых суждений. Это приводит к необходимости отказаться от способов получения результатов на основе принципов «очевидности», «прозрения», а ограничиться исключительно последовательными логическими обоснованными шагами.

Следствием предлагаемого подхода является первичное выявление содержания понятий и только потом установление терминологии, однозначно указывающей на выявленное содержание. В силу этого для обозначения определённого смыслового содержания авторы старались подбирать термины, наиболее близкие по устоявшемуся толкованию к выявленному содержанию, освобождая их при этом от исторически сложившейся неоднозначности толкования. При таком способе обозначения становится допустимой любая (желательно общепонятная) замена терминов при условии однозначного указания на одно и то же содержание. Этот способ используется в настоящей статье; для того, чтобы исключить подмену понятий, в необходимых случаях в тексте приводится предлагаемое авторами краткое однозначное толкование используемых терминов.

Приведённое определение задачи предусматривает наличие у неё следующих отличительных особенностей: указание потребности и необходимости её удовлетворения; осознанного и осмысленного описания ситуаций, в которых имеет место потребность (соответствующая информация образует исходные данные задачи); указание ограничений на допустимый процесс удовлетворения потребности; указание требований к качеству решения.

Представленный подход первоначально был опробован для выявления и систематизации методов решения ряда крупных задач: создания преобразования, обеспечения инвариантности преобразования к влиянию мешающих факторов, аналого-цифрового преобразования

[11, 12]. Последующее применение подхода к задаче, как таковой, позволило, выполнив первые два этапа подхода, установить цепочку логических связей от задачи к философским понятиям *Всеобщего* и *единичного*. В результате обобщения было предложено трактовать Всеобщее как *способное к внутренним изменениям целостное, отличное от которого отсутствует*. При этом для Всеобщего были отмечены и постулированы принципы возникновения возможностей, реализуемости этих возможностей и предпочтительности менее энергоёмких вариантов их реализации [12]. С этих же позиций единичное трактуется, как *целостное, отличное от остального*. Выполнение начальных шагов третьего этапа позволило сформировать иерархию видов единичных, а именно: единичное, как таковое, этапы его жизненного пути, наличие отличных друг от друга единичных, виды отношений и связей единичных и т.д. [12, 13]. Эта иерархия позднее была расширена за счёт включения в неё видов характеристик единичных (признаков, показателей, величин и констант) и природы этих характеристик: реальной (физической, духовной), псевдореальной (нефизической), и псевдодуховной, а также фантомной (не имеющей отношения к реальности) [13].

Выполненное дедуктивное построение позволило указать место задачи, как таковой, в общей картине видов единичных. Рассмотрение задачи в её предельно общем определении позволило детализировать этапы, связанные с решением задачи: постановка, выработка метода решения, формирование и эксплуатация (поддержание в состоянии пригодности для использования) средств выполнения действий метода, собственно выполнение действий метода, сбор результатов, их анализ и выводы из результатов анализа [13].

Выполненные исследования позволили сформировать «фундамент» целостного родовидового построения, которое носит трансдисциплинарный характер, поскольку не привязано к какой-либо дисциплине или группе дисциплин. Первоначальное выявление видов задач должно проводиться на высшем уровне обобщения, а полученные при этом результаты следует рассматривать как родовые для прочих видов задач. Соответственно, и методы решения задач, выявленные на высшем уровне рассмотрения, становятся родовыми для методов решения задач прочих видов.

Представленные здесь основы предлагаемого трансдисциплинарного подхода позволяют стереть границы между онтологией в её философском толковании (учение о сущем) и прикладными онтологиями (предметных областей, конкретных задач и сетей). Одной из центральных компонент прикладных онтологий является онтология проектирования, важной особенностью которой является «совместное исследование объекта, субъекта и среды проектирования, стремление к поиску формализмов и построению содержательных семантических моделей исследуемых процессов» [14].

Цель настоящей работы: выявление истоков, порождающих многообразие видов задач на высшем уровне рассмотрения и, как следствие, выявление и систематизация видов задач, непосредственно вытекающих из этих истоков (раздел 1). Рассмотрению основных методов решения задачи, как таковой, посвящён раздел 2. В разделе 3 рассмотрены ключевые виды задач, а в разделе 4 - методы решения ряда ключевых задач. Под ключевыми задачами понимаются простейшие задачи, комбинирование которых образует множество остальных задач, или иначе, совокупность задач, по которым может быть разложена любая задача.

## 1 Истоки многообразия задач.

### Виды задач и их прототипы на высшем уровне обобщения

Из принятого определения задачи следует, что искомую систематизацию необходимо строить, исходя из понятия *потребности* – неотъемлемой характеристики субъекта (способного к творчеству активного единичного). Здесь творчество – это выход активного единич-

ного за пределы априори регламентированных правил поведения. Именно наличие потребности мотивирует субъекта к деятельности.

При рассмотрении истоков многообразия видов задач следует рассматривать в неразрывном единстве и задачи, и методы их решения. Действительно, выявление видов задач на каждом этапе систематизации является только первым шагом, за которым следует выявление и систематизация методов решения каждого из выявленных видов задач. Не детализированные ранее шаги методов порождают присущие этим шагам виды задач. Для новых видов задач выявляются методы их решения. Указанный цикл многократно повторяется, пока обнаруживаются ранее не рассмотренные (новые) виды задач.

Из того, что в роли потребности потенциально может выступать любой вид единичного, следует, что первичным истоком многообразия потребностей (а значит и видов задач) является многообразие видов единичных. Но тривиальный путь выявления и систематизации видов задач посредством примитивной конкретизации вида потребности не конструктивен в силу множественности видов единичных. Конструктивизм в соответствующий процесс вносит следование по пути генезиса, определяемого, как «рассмотрение процесса зарождения и последующего процесса развития»<sup>1</sup>. Соответствующее теоретическое построение базируется на выявлении открывающихся возможностей и путей их реализации, тогда как традиционный путь в основном предусматривает обобщение накопленного опыта.

С позиций генезиса процесс выявления видов задач следует начинать с высших уровней, рассматривая последовательно открывающиеся на них возможности исчезновения потребности, при этом первоначально абстрагируясь от многообразия видов потребности, видов исходных данных, действующих видов условий решения и требований к их качеству. Такое абстрагирование отвечает переходу от конкретных задач к их обобщению, характеризующему только потребностью (результат такого обобщения обозначим как прототип).

Используемый здесь термин «исчезновение потребности» не случаен. Нетрудно заметить, что потребность может носить как желательный, так и нежелательный характер. В первом случае принято говорить об удовлетворении потребности, во втором – о необходимости избавления от нежелательного. Термин «исчезновение» объединяет оба случая.

Высший уровень проводимого рассмотрения, с позиций присущей субъекту степени осознания и осмысления, условно можно разбить на три слоя, связанных между собой родовидовыми отношениями. Первый слой характерен для любого субъекта, второй – для осознющего (способного к различению единичных) субъекта, третий – для мыслящего (способного к логическим выводам) субъекта. Очевидно, что потребности, проявляемые на первых двух слоях, могут быть положены в основу прототипов задач, и только на третьем слое – в основу собственно задач. При этом все прототипы предшествующих слоев автоматически преобразуются в соответствующие виды задач. В последующем тексте для наглядности виды потребностей, отвечающих видам прототипов задач и самим задачам, обозначены курсивом.

На первом слое субъекту, в общем случае, ещё не доступны возможности осознания и осмысления. Для удовлетворения потребности он способен только выполнять *действия*, а именно: осуществлять *сбор информации* (первично путём непосредственного *восприятия*), выполнять *преобразование* информации и реализовывать возможности активных действий, а именно: *использовать* другие единичные или *воздействовать* на них. Поскольку результатом активных действий может оказаться изменение (в том числе и исчезновение) потребности, то результат *обнаружения* (восприятия факта наличия единичного) событий, относящихся к потребности, становится указанием на необходимость или отсутствие дальнейшего выполнения активных действий. На данном слое многократное повторение пары потребность-действие отвечает слепому *поиску* (каждая подобная пара образует шаг поиска). Ре-

<sup>1</sup> *Генезис* - [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/2049/ГЕНЕЗИС](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/2049/ГЕНЕЗИС).

зультат выполнения такой пары и/или последовательности таких пар образует опыт субъекта, порождая потребность в *сохранении* информации о полученном опыте (вне зависимости от его положительного или отрицательного результата). Наличие сохранённой информации открывает новый путь её сбора путём *извлечения* из накопленного опыта. Использование сохранённой и доступной (априорной) информации позволяет субъекту в дальнейшем существенно сократить энергозатраты, требуемые для исчезновения потребности.

Доступность извлечения сохранённой информации открывает возможность *передачи* и *обмена* опытом (на данном слое в основном генетическим путём). Возможность обмена дополнительно открывает возможность осуществлять *согласование* опыта разных субъектов, а также *передачу* опыта (в частности, *обучение*). Получение информации, в том числе и в результате обмена, позволяет проверить объективность (независимость от особенностей сбора информации конкретным субъектом) опытных данных. Возможности обмена порождают и метод *запроса*, предусматривающего отклик на запрос от единичного и, возможно, установление с ним связи.

Процедура извлечения информации на первом слое предусматривает *выбор* (выделение нужного единичного среди элементов множества) выполняемых активных действий, определяемых потребностью в изменениях состояния субъекта и его среды (единичных, находящихся в существенных связях с субъектом). Характер этих действий в первую очередь определяется отношением субъекта к этапам жизненного пути рассматриваемых единичных, а именно: их *появлению*, *существованию* или *исчезновению*. Указанное разделение на этапы впервые проявляется на родовых (по отношению к рассматриваемым слоям) уровнях обобщения. Значимость такого разделения иллюстрирует тот факт, что единство потребности в ослаблении (вплоть до исчезновения) единичных, препятствующих существованию данного единичного, и потребности в обеспечении существования этого единичного порождает *задачу обеспечения инвариантности* единичного к влиянию мешающих факторов.

Существование уже на первом слое различных прототипов открывает возможность их *комбинирования*, формируя очередной исток, порождающий виды потребностей, в дальнейшем преобразуемого в исток, порождающий виды задач.

Переход на слой осознающих субъектов открывает возможность *выявления* субъектом *связей*, имеющих место между потребностью и действиями, а способность оперировать образами порождает потребность в их *обозначениях* для повышения оперативности извлечения требуемой информации и обмена ею. Возможность различения субъектом единичных открывает возможность их *сравнения*, *разбиения* единичного на составляющие и *группировки* (выделение подмножеств в совокупности). Группировка также позволяет повысить энергетическую эффективность процесса выбора нужного единичного из совокупности. В свою очередь наличие групп позволяет осуществить *опознание* (отнесение обнаруженного единичного к одной из выделенных групп), а возможность выявления связей – *идентификацию* (установление тождественности обнаруженного единичного известному единичному) и *упорядочивание* (ранжирование) единичных. На первом слое единство задач обнаружения, опознания, идентификации, группировки, разбиения и выбора образует задачу *выявления* (установления ранее неизвестных субъекту фактов). По мере перехода на следующие слои открывающиеся возможности естественным образом позволяют пополнять перечень подзадач, входящих в задачу выявления.

Комбинирование группировки и обозначения открывает возможность *построения шкал*; шкалы с возможностью упорядочивания открывают возможность *оценивания*.

Использование на данном слое субъектом осознанных связей между потребностью и действиями в ряде случаев позволяет либо вовсе обойтись без процедуры поиска, либо существенно сократить число её шагов.

Осознание также позволяет субъекту разделять прошлое, настоящее и будущее и в соответствии с этим разделением организовывать свои действия.

Упомянутая потребность в *организации действий* (установление и координация энергетически эффективного порядка следования действий, в совокупности ориентированных на исчезновение потребности) на втором слое является прямым следствием комбинирования. Координация действий может, в частности, открывать возможность формирования синергетических свойств у совокупности действий и результата их выполнения.

Третий слой отвечает мыслящим субъектам, на котором, собственно, и возникает задача, а также потребность в её решении. При этом возникает задача *познания* (осмысление не отражённых в предшествующем опыте характеристик единичного). Научному познанию отвечает осмысление объективных характеристик единичного. На этом слое рассмотрение разделяемого на предыдущем слое прошлого, настоящего и будущего трансформируется в задачи *истории, получения текущей информации и прогноза*, соответственно. Наличие обозначений, возможность формирования на их основе связанных суждений на данном слое открывают путь формирования *описаний*. Разбиение, группировка и оценивание, кроме соответствующих им видов задач, порождают задачи *систематизации* (выявление логически обоснованных, упорядоченных связей между единичными) и *измерения* (в широком смысле – установление количественных значений, отвечающих упорядочиваемым характеристикам).

Предусмотренная проводимой процедурой независимость выявляемых видов прототипов (а впоследствии и задач) не является абсолютной, допуская для определённой потребности как рекурсивность процессов её исчезновения, так и использование для исчезновения одной потребности способов исчезновения другой потребности, не говоря уже об использовании существующих между отдельными потребностями иерархических и сетевых связей.

Решение задачи предусматривает выполнение ряда последовательных этапов, логически вытекающих из предшествующих этапов, начиная с потребности, как таковой: *сбор информации* о потребности и ситуации, в которой имеет место потребность, осмысление потребности и упомянутой ситуации, *формирование постановки задачи* на основе описания связанных с задачей единичных (потребности, исходных данных, условий решения и требований к его качеству), их характеристик и природы последних, *выявление метода* решения задачи, *формирование и эксплуатация средств выполнения действий* метода, *выполнение действий* метода, *сбор информации о результатах применения метода*, её *анализ и выводы*. Выводы включают в себя выявление новых задач, а также определение необходимости *сохранения* полученных сведений о решении задачи. Приведённый перечень этапов решения задачи также выступает в качестве истока, порождающего виды задач.

Из сказанного следует, что на уровне мыслящих субъектов задачи выработки и выполнения действий метода вытекают из прототипа «действие», задача получения первичной информации и сбора информации – из прототипа «восприятие», задачи анализа и вывода – из прототипа «выявление», задачи комбинирования, включая и организацию действий – из прототипа «комбинирование». Восприятие представляет собой единство получения первичной информации (в частности, из сенсорного сигнала), осознания и осмысления этой информации и формирования на этой основе образа (модельного, в частности эмоционального, представления) единичного.

Таким образом, первоначальным истоком видов задач является Всеобщее; именно конкретизация видов единичных, их характеристик и природы этих характеристик порождает множественные виды задач. Первоначальный исток порождает три ключевых истока: этапы жизненного пути единичного (появление, существование, исчезновение), отвечающие характеру потребности; комбинирование задач; этапы решения задачи. Значимость прототипов и видов задач тем выше, чем выше слой, на котором они впервые проявляются. Осмысление

возможностей, порождаемых этими истоками, позволяет определить сначала прототипы видов задач, а затем ключевые виды задач и методы их решения.

Каждый из видов задач, происхождение которых отражено в разделе, обладает собственной спецификой, наряду с общими моментами, относящимися к задаче, как таковой.

Результаты систематизации, выполненной в данном разделе, представлены на рисунке 1. На рисунке пунктирными линиями разделены слои, наименование которых приведено справа в графе «слои рассмотрения». Прототипы задач отвечают слоям 1 и 2, задачи – слою 3. Для ряда прототипов и задач введены краткие обозначения, выделенные жирным шрифтом. Эти обозначения позволяют указать связь между порождающими и порождёнными прототипами и задачами.

## 2 Основные методы решения задачи, как таковой

Особенностью методов решения задачи, как таковой, на высшем уровне рассмотрения является их независимость от вида потребности, вида исходных данных, условий решения и требований к его качеству. В данном разделе методы решения рассматриваются только исходя из истоков их происхождения, а не из обобщения накопленного опыта. Выявляемые в разделе методы для наглядности выделяются подчёркиванием.

Применительно к задаче, как таковой, использование при выявлении метода решения логических суждений открывает два пути. Первый путь состоит в использовании доступного опыта, реализуемого методом выбора (поиска либо запроса).

Нахождение путём выбора задачи, идентичной по потребности (эквивалентной) исходной и обладающей известным решением, допускает как использование результатов решения этой задачи, так и повторения действий метода решения найденной задачи. Выбор задачи, аналогичной исходной (т.е. обладающей рядом сходных характеристик), позволяет решать задачи, отталкиваясь от известного из опыта метода решения задачи-аналога (задачи-прототипа).

В качестве источника информации и для выбора, и для запроса могут выступать и характеристики потребности, и характеристики ситуации, в которой имеет место потребность.

В случае выбора по характеристикам потребности может открыться ряд ситуаций, некоторые из которых могут быть использованы либо в качестве приемлемых, либо в качестве аналогов для решения исходной задачи.

Альтернативным использованию опыта является путь решения «с чистого листа», предусматривающий выявление решения, непосредственно опирающегося на данные, имеющие отношение к задаче и, как правило, представленные в постановке.

Этот путь обозначим, как метод непосредственного решения задачи в целом. Непосредственный характер решения и целостность рассмотрения задачи указывают на две альтернативные возможности. Первая – косвенное, опосредствованное решение, предусматривающее решение другой задачи (с другими составляющими постановки, возможно и с другой потребностью), способствующее решению исходной задачи. Вторая возможность – решение по частям, предусматривающее разбиение (декомпозицию) исходной задачи (в понятиях исходной постановки) на частные задачи, совместное решение которых автоматически приводит к решению исходной задачи. Частным, энергетически эффективным случаем решения по частям является возможность такого разбиения задачи, при котором решение одной и той же частной задачи неоднократно используется при решении исходной задачи.

Решение с использованием задачи-аналога приводит к одному из разновидностей метода решения задачи по частям, при котором вторая часть состоит либо в решении задачи, из по-

требности которой исключены характеристики, исчезнувшие в результате решения аналогичной задачи, либо в модификации известного метода решения выбранной задачи-аналога.

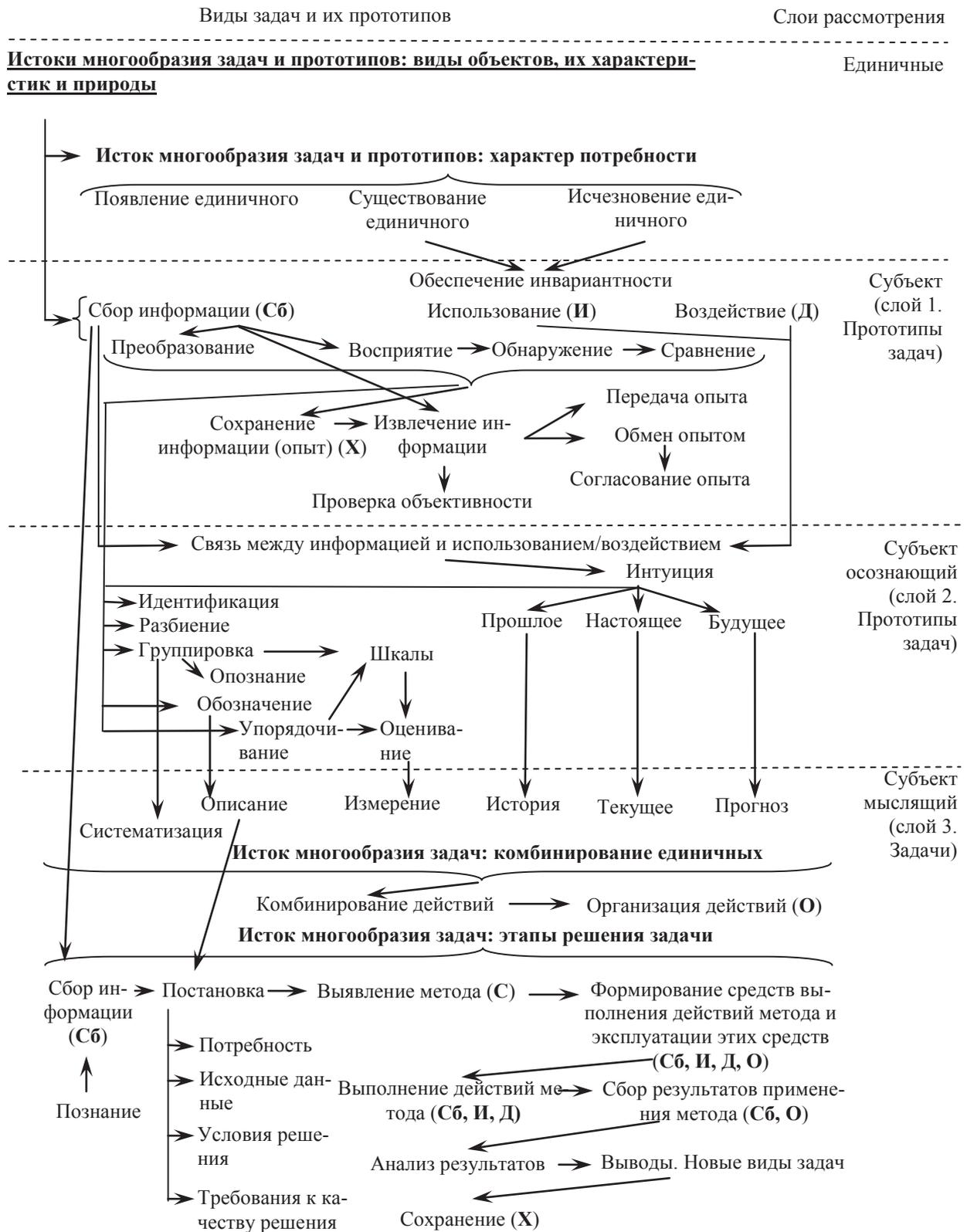


Рисунок 1 – Систематизация видов прототипов и видов задач на высшем уровне обобщения

Путь опосредствованного решения и путь декомпозиции приводят к непосредственному решению в целом, но уже применительно к задаче, отличающейся от исходной. Отсюда следует особая значимость методов непосредственного решения задачи в целом.

Стоит отметить важный момент, обусловленный возможностью распределения этапов решения задачи, как таковой, между разными субъектами. Каждый из этих этапов, равно как и использование на них различных методов, может выполняться разными субъектами (при условии согласования как выполняемых действий, так и использования результатов этих действий). Также допустимо и выполнение ряда подобных действий одним и тем же субъектом; если один субъект в состоянии выполнить все необходимые действия, то он вынужден, как правило, нести значительные энергетические и временные затраты, что целесообразно только в том случае, когда эти затраты не перекрываются затратами на связи субъектов и процессы согласования. Поэтому определение наилучшего варианта осуществляется в результате решения ранее не рассматриваемых задач *распределения решения задачи* между субъектами, *стимулирования субъектов на решение распределённых задач* и *согласования процессов решения этих задач*.

Схематично описанные возможности представлены на рисунке 2.

Рассматриваемые в работе методы, непосредственно происходящие из одного истока, независимы друг от друга. Это позволяет относиться к их совокупности, как к своеобразному базису, позволяющему комбинировать методы в непротиворечивых сочетаниях, определяемых особенностями путей исчезновения той или иной потребности.

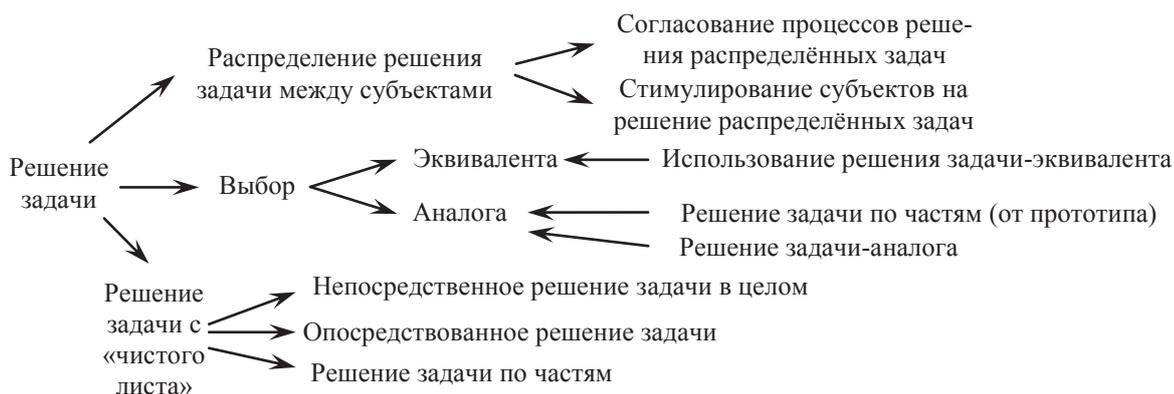


Рисунок 2 – Методы решения задачи, как таковой

## 2.1 Методы непосредственного решения задачи в целом

В общем случае при появлении потребности у субъекта отсутствуют гарантии реализации возможности её исчезновения. И перед решающим задачу субъектом открываются следующие пути: изменить самого себя до состояния, в котором исходная потребность перестанет восприниматься им, как потребность (путь адаптации к потребности); не изменяя себя, предварительно найти необходимые и/или достаточные условия существования решения (решить задачу существования); пытаться найти решение задачи в имеющихся условиях, не имея гарантии достижимости решения.

Решение задачи существования приводит либо к частному варианту решения обуславливающей задачи (обеспечение выполнения выявленных условий существования, дающих определённые гарантии исчезновения потребности или её ослабления) либо к разновидности метода решения задачи по частям. Решение задачи по частям в данной ситуации сводится к решению двух последовательных задач, первая из которых обеспечивает выполнение выяв-

ленных условий существования, которые в данном случае не дают гарантии полного исчезновения потребности, но позволяют уменьшить область рассматриваемых при решении ситуаций; вторая задача предусматривает включение в постановку новой задачи обязательность выполнения выявленных условий.

Решение задачи в исходной формулировке может опираться только на информацию, непосредственно относящуюся к задаче. Эта информация либо содержится в исходных данных постановки (априорная информация), либо определяется непосредственно в процессе решения задачи (апостериорная информация). Первое направление обозначим как естественное решение, второе – как искусственное.

Опора только на априорную информацию открывает два независимых метода выявления связанной совокупности допустимых действий, приводящих к исчезновению потребности: выбор (поиск или запрос) и логический вывод. Определение и выполнение метода решения только на основе априорной информации целесообразно при допущении о достоверности этой информации в течение всего процесса решения. Это допущение является весьма сильным ограничением.

Путь искусственного решения открывает новые возможности в силу того, что получаемая апостериорная информация позволяет конкретизировать текущую обстановку и действовать в соответствии с ней. Привязка осмысленных действий к текущей ситуации для обеспечения желаемого функционирования объекта позволяет обозначить соответствующие методы как методы управления. В качестве источника апостериорной информации может выступать как информация, непосредственно предшествующая действию (группе действий), так и информация, полученная после выполнения каждого действия.

Использование информации, предшествующей действию, идентично рассмотренному случаю решения на основе априорной информации. Но в данном случае достоверность этой информации относится только к отдельному действию или компактной группе действий, снимая жёсткое требование достоверности априорной информации на протяжении всего процесса решения. Соответствующий путь решения обозначен как путь управления с однократным получением апостериорной информации (путь прямого управления).

Использование информации, полученной после выполнения действия, открывает возможность определения факта исчезновения потребности или, при наличии количественных характеристик потребности, – степени её исчезновения. Именно эта возможность позволяет определить и предпочтительное направление действий, и момент окончания действий. Единство указанных возможностей позволяет действовать даже в условиях полного первоначального отсутствия информации, получая её в процессе выполнения отдельных шагов решения задачи. При этом началом каждого шага становится либо начало решения задачи, либо момент получения апостериорной информации, а окончанием – момент получения апостериорной информации, включая и окончание процесса решения. Соответствующий путь решения обозначен как путь управления с многократным получением апостериорной информации (путь многошагового управления).

Важным моментом управления с позиций энергетической эффективности является необходимость выполнения действий только при наличии потребности, которая может снова появляться после своего исчезновения. Соответствующая задача обозначена как задача *контроля* (обнаружения событий, определяющих необходимость управляющих действий, т.е. контролируемых событий); обнаружение событий, являющихся причиной появления контролируемых событий – как задача *диагностики*.

С позиций экономии энергетических ресурсов при выработке действий решения задачи выгодны методы, использующие повторяющиеся однотипные действия или группы действий, опирающиеся на информацию, известную к их началу; это приводит к итерационным

структурам. Стремление к экономии средств реализации действий итерационных методов приводит либо структуре с переключателями, либо к структуре с обратными связями.

Методы непосредственного решения задачи в целом представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Методы непосредственного решения задачи в целом

## 2.2 Методы опосредствованного решения задачи

При следовании по пути опосредствованного решения задачи открываются две возможности. Первая соответствует случаю, когда решение другой задачи автоматически приводит к решению исходной задачи. Это достижимо, когда другая задача либо эквивалентна (по потребности) первой, либо исходная задача является частным случаем другой задачи. Вторая возможность – осуществление перехода к другой задаче с необходимостью после её решения выполнения обратного перехода к исходной задаче. Первый путь обозначен, как решение обуславливающей задачи, второй – как опосредствованное решение с переходом и возвратом.

### 2.2.1 Методы перехода к обуславливающей задаче

Возможности перехода к обуславливающей задаче открываются при рассмотрении альтернатив описания потребности и ситуации, в которой она имеет место быть. При этом возникают следующие варианты.

Первый вариант предусматривает идентичность смыслового содержания потребности, лежащей в основе как исходной, так и обуславливающей задачи. В рамках этого варианта, который целесообразно обозначить как переход к задаче с идентичной потребностью, открываются следующие пути: а) переход к описанию потребности (в частности, ряда её характеристик) в других понятиях, что отвечает взгляду на потребность с новой стороны (эмпатия), и б) переход к ситуации с другими исходными данными, при которых исходная потребность исчезает или ослабевает. Вторая возможность в реальных условиях идентична обнаружению условий существования, упомянутому в разделе 2.1, при описании методов непосредственного решения задачи в целом. Но учёт специфики осознающего субъекта указывает также и на не рассмотренную ранее возможность выдвижения условий существования фантомной, вымышленной природы (продукта фантазии), включая и совокупность вымышленных действий по исчезновению потребности. При следовании по пути фантазии возникают новые

потребности – выработка *метода, реализующего вымышленные условия существования, либо средств реализации первоначально вымышленных действий по решению задачи.*

Второй вариант предусматривает рассмотрение потребности, существенно отличной от исходной. Обязательным требованием при следовании по второму варианту является наличие связи между двумя упомянутыми потребностями, действующими при тех или иных ограничениях или же вовсе без них. Основанием для выявления такой опосредствованной потребности является рассмотрение альтернативных возможностей, вытекающих из упомянутого во введении мировоззренческого «фундамента». Так, факт существования дополнения единичного до целого указывает на возможность перехода к задаче, потребность которой состоит в отрицании исходной потребности,

Факт единства в задаче исходных данных и потребности указывает на возможность перехода к опосредствованной задаче, для которой потребность выступает в роли исходных данных, а исходные данные в роли потребности (инверсия задачи), т.е. задача исходит из ситуации, в которой первоначальная потребность выступает в роли исходных данных. Условием действенности метода инверсии является требование обратимости действий решения инверсной задачи хотя бы по одной последовательной совокупности используемых действий.

Осознание субъектом потребности, как единичного, открывает возможность рассмотрения состояния текущей ситуации, обусловленной исходными данными задачи и действиями субъекта, с позиций отличия этого состояния от осмысленного состояния, отвечающего исчезновению потребности. Опосредствованная потребность при этом описывается как отклонение от желаемого результата решения задачи.

Рассмотрение исходной потребности, как результат наличия другой потребности, указывает ещё одно направление выявления опосредствованной задачи. Если рассматриваемая связь потребностей носит двусторонний характер, то речь идёт либо об опосредствованной потребности, отвечающей обобщённой формулировке (выявление опосредствованной задачи путём обобщения исходной задачи), либо о потребности, находящейся с исходной в необходимой и достаточной связи (выявление другой задачи путём выявления взаимообуславливающих связей). Иной способ выявления обуславливающей задачи проявляется в случае, когда связь обуславливающей и исходной потребностей носит односторонний, причинно-следственный характер. Этот способ сводится к задаче *выявления причин появления исходной потребности.*

Методы перехода к обуславливающей задаче представлены на рисунке 4.

### 2.2.2 Методы решения задачи с переходом и возвратом

Рассматриваемые здесь методы предусматривают переход к способу описания ситуации, качественно отличному от способа описания, характерного для исходной задачи, решения задачи в новых условиях и последующему возврату к описанию результата решения в исходных понятиях.

Эффективность метода определяется наличием обратимого перехода к новому способу описания в сочетании со сравнительной простотой решения задачи при новом способе её описания. Таким образом, ключевой задачей при следовании этому методу является выявление такого перехода вместе со строгим обоснованием его правил.

На высшем уровне обобщения просматриваются две возможности решения с переходом и возвратом.

Первая возможность использует допустимость существования описания задачи в других понятиях, взаимно однозначно связанных с исходным описанием задачи. Такой переход целесообразен, когда решение задачи в новом описании проще или энергетически эффективней решения исходной задачи. Важный частный случай этой возможности состоит в переходе от

описания исходной ситуации к её имитации (модели), касающейся как самой потребности, так и ситуации, отвечающей исходной задаче. При этом существенным отличием исходной задачи от имитации является допустимость наличия у последней характеристик, природа которых качественно отлична от природы соответствующих характеристик исходной задачи.

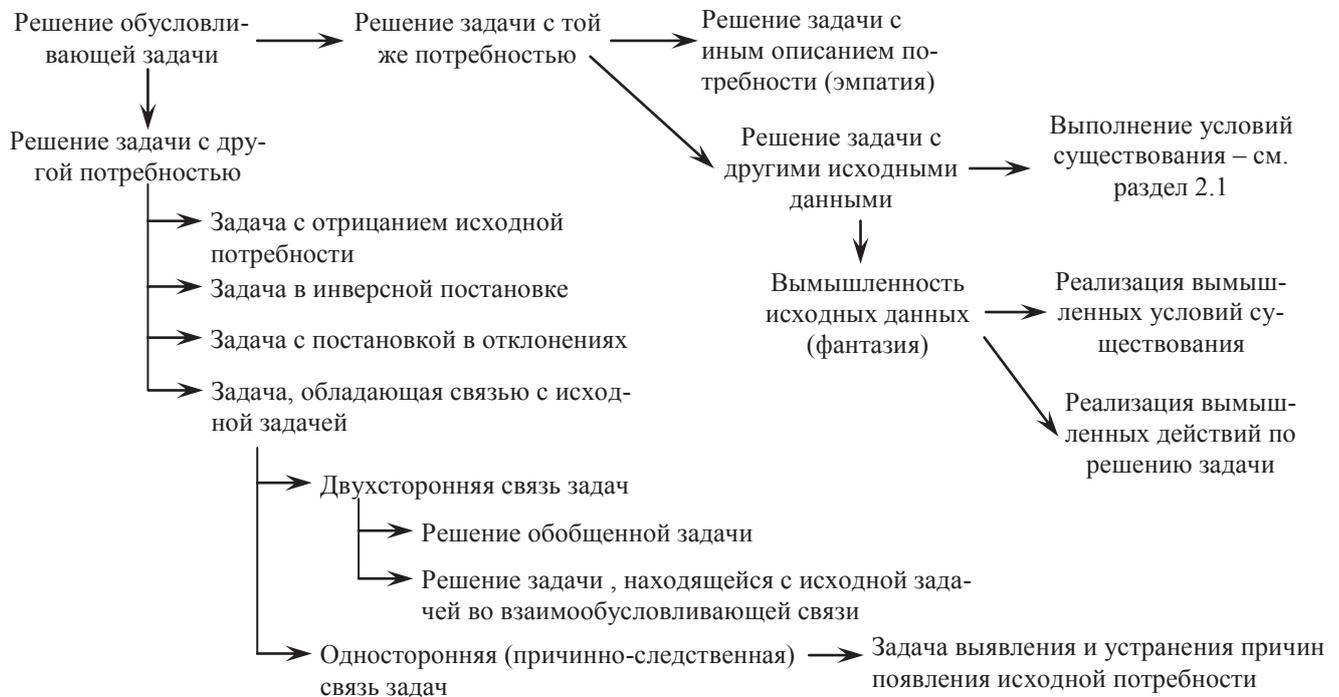


Рисунок 4 – Методы перехода к обуславливающей задаче

Вторая возможность предоставляется при переходе к задаче более высокого уровня обобщения, её решения, а затем конкретизации результатов выполненного решения на основе специфики исходной задачи. Примером использования второй возможности является последовательность процедуры обобщения, выявления методов решения на высшем уровне из достигнутых уровней обобщения с последующим переходом на нижерасположенные уровни.

Использование модели позволяет до получения решения исходной задачи не только предварительно оценивать результаты планируемых действий по степени исчезновения потребности, но и выявлять наиболее эффективную совокупность действий в каждой текущей ситуации.

Процесс систематизации видов моделей приобретает следующий вид.

«Фундамент» построения и результаты выполненной ранее систематизации видов задач указывают на два независимых источника получения сведений для построения модели.

Первый источник – результаты предшествующего познания характеристик потребности и описанной в задаче ситуации, включая и связи этих характеристик. Модели, отвечающие первому источнику, опираются на фундаментальные закономерности и фундаментальные константы, имеющие отношение к задаче.

Второй источник – результаты восприятия характеристик множества ранее возникших ситуаций, имеющих отношение к задаче, но без их предварительного осмысления. Особенность использования второго источника - необходимость допущения о возможности вынесения суждения о состоянии потребности по совокупности ближайших к ней ситуаций из множества ситуаций, встречавшихся ранее. В частности, для такого суждения могут использо-

ваться как возможности интер- и экстраполирования опытных данных на текущую ситуацию либо допустимость считать характеристики рассматриваемой ситуации идентичными характеристикам ближайшей ситуации (по совокупности характеристик) из известных ситуаций.

Особо следует отметить возможность повышения энергетической эффективности моделей, формируемых в рамках второго источника, за счёт типизации групп действий.

Только следование путям, вытекающим из второго источника, допускает использование адаптивных моделей, которые опираются на расширение по мере решения задачи множества известных ситуаций и состояний потребности в новых ситуациях. Задача в данном случае состоит в выявлении наиболее эффективной в энергетическом смысле процедуры адаптации модели к изменяющимся обстоятельствам решения. Если используемая модель характеризуется определённой структурой (совокупностью характеристик и связей между ними), то открывается возможность как структурной, так и параметрической адаптации (здесь параметр – количественная псевдореальная характеристика описания, позволяющая путём её варьирования осуществлять переход между описаниями разных ситуаций).

При следовании по путям, исходящим из обоих источников, просматриваются возможности, открывающиеся при группировке (разбиение множества допустимых ситуаций на подмножества). Естественно, что с уменьшением объёма множества следует ожидать снижения сложности формируемого модельного описания, что делает построение каждого из таких описаний зачастую энергетически более выгодным. Трудности, возникающие на пути разбиения, обусловлены необходимостью решения задачи, связанной со стыковкой результатов моделирования на границах областей, а также задачи опознания (определения подмножества, к которому относится текущая ситуация).

Возможности иерархической систематизации влияния различных характеристик ситуации на состояние потребности открывают путь построения моделей, обладающих иерархической структурой, когда влияние одних факторов на потребность осуществляется косвенно, через другие факторы, стоящие выше по иерархии. Иерархические модели могут порождаться как первым, так и вторым источником.

Средства реализации моделей могут обладать как реальной, так и псевдореальной природой. В первом случае принято говорить об аналоговых моделях, во втором – об информационных моделях.

Методы моделирования представлены на рисунке 5.

Методы моделирования

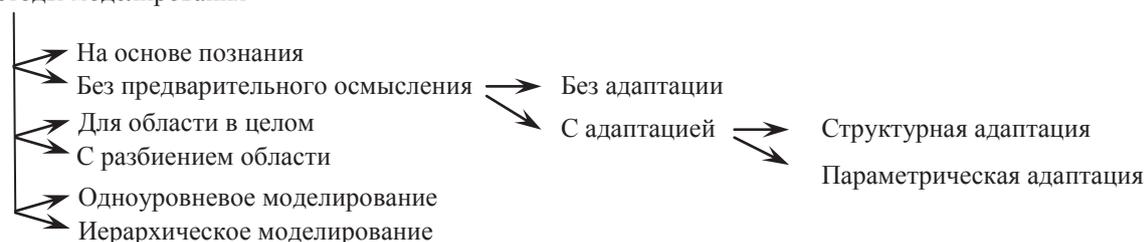


Рисунок 5 – Методы моделирования

Методы опосредствованного решения задач отвечают обобщению до высших уровней методов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) (см., например, [15]), суть которых состоит в переформулировке исходной задачи таким образом, чтобы новая формулировка отсекала бесперспективные и неэффективные пути решения.

### 3 Ключевые виды задач

Перечень ключевых задач включает: получение первичной информации, преобразование, сравнение, использование, воздействие, обнаружение, познание, обозначение, сохранение, извлечение, группировку, разбиение, поиск, запрос, комбинирование, выбор, опознание, описание, сбор информации, выработку метода решения, формирование средств реализации метода, организацию функционирования средств метода, распределение между субъектами действий по решению задачи, выполнение действий метода, анализ результатов решения задачи, появление единичного, обеспечение исчезновения единичного, обеспечение существования единичного. Приведённый порядок перечисления ключевых задач определяется по следующему принципу: хотя бы один из возможных методов решения данной задачи ограничивается решением только предшествующих задач (если таковые существуют).

В общем случае под понятие «комбинирование» теоретически подпадают формирование любой целостной совокупности как связанных задач, так и связанных действий, образующих любые методы решения. Но при таком толковании теряется конструктивная значимость комбинирования, как истока, порождающего виды задач. Чтобы преодолеть избыточную общность этого понятия, целесообразно рассматривать *комбинирование в узком смысле*, имея в виду комбинирование *ключевых* задач или совокупности действий, связанных с решением *ключевых* задач. Введённое в определение дополнительное требование позволяет в первую очередь ориентироваться на рассмотрении исключительно методов связи ключевых задач, чтобы в дальнейшем рассматривать эти методы в качестве родовых методов комбинирования в общем случае.

Пути решения, найденные интуитивно, в подавляющем большинстве случаев впоследствии могут быть логически обоснованы, и, следовательно, эти пути должны обладать собственным местом в рамках выполняемого построения.

Методы решения ряда указанных ключевых задач представлены в литературе (см., например, [16-18]), другие нуждаются в выполнении соответствующих исследований. Важно переосмыслить методы решения этих задач с позиции целостности Всеобщего, сведя тем самым теоретические построения в логически прозрачную систему знаний, базирующуюся на едином «фундаменте».

При этом необходимо генетически отслеживать процесс зарождения и пути развития возможных методов решения каждого ключевого вида задачи. Значимость такого построения следует из того, что любые возникающие задачи при своём решении в том или ином виде используют ключевые задачи и их комбинации. Генетически выстроенная (естественная) систематизация методов решения ключевых задач позволяет, выходя за пределы известных из опыта путей, проследить все открывающиеся при этом возможности.

Ключевые задачи в силу их независимости образуют своеобразную систему координат, по которой раскладывается любая из возможных задач. При этом отслеживаются возможные пути решения исходной задачи и, следовательно, открывается возможность поиска и выбора наиболее эффективных путей решения.

### 4 Методы решения ключевых задач

Намеченный путь требует выявления и систематизации специфических методов решения ключевых задач. В настоящей статье рассмотрены только методы решения задачи поиска – одна из ключевых задач приведённого перечня.

Рассмотрению разнообразных методов поиска посвящено значительное число работ, из которых следует выделить [19]. Специфическая потребность задачи поиска состоит в нахождении среди элементов рассматриваемого множества одного или нескольких элементов,

наиболее полно отвечающих априори заданным требованиям. Соответственно процедура упомянутого нахождения требует выполнения последовательности шагов, каждый из которых после своего завершения допускает действия, направленные на получение информации о соответствии достигнутого результата требованиям. Необходимость такой последовательности указывает на близкое родство методов поиска с методами многошагового управления и возможность распространения на них всех закономерностей методов поиска. Как и для многошагового управления, такая структура поиска придаёт каждому шагу относительно независимый характер. Эта независимость проявляется в возможности смены метода при переходе к следующему шагу. Но поскольку каждая такая смена требует дополнительных энергетических затрат, а общие энергозатраты на весь поиск определяются суммированием затрат по всем шагам, то возможности снижения затрат реализуются либо путём сокращения числа требуемых шагов, либо за счёт отказа от излишней смены методов, т.е. за счёт согласованности и типизации процедур выполнения шагов. Оптимальное решение достигается в рамках компромисса между этими двумя путями.

Важными моментами, влияющими на методы шагов поиска, является сложность априори заданных требований, а также число варьируемых независимых факторов, влияющих на степень исчезновения потребности. Многофакторный поиск более сложен, поскольку дополнительно требует учитывать степень влияния каждого фактора на состояние потребности.

В соответствии с генетическим принципом систематизации потребности и виды задач разбиты на три иерархически связанных слоя (слои 1, 2, 3, указанные на рисунке 1 справа).

Для первого слоя потребность не может быть ранжирована (оценена) по степени её исчезновения. Следствием этого является возможность только двух путей поиска: случайного или регулярного (проводимого по заранее заданным правилам); частным случаем последнего является полный последовательный перебор (сканирование). В этих условиях использование априорной информации сводится только к блокированию возможности повторения ранее выполненных действий.

Для второго слоя открывается возможность определения ранжируемой степени исчезновения потребности (критерия) в разных точках области поиска. Это открывает возможность определения (на основе информации, доступной к началу шага) действий, целенаправленно ориентированных на повышение упомянутой степени. Чем более полно используется эта информация, тем более эффективна (по числу шагов) процедура как регулярного, так и случайного поиска. При реализации этой возможности возникает необходимость достижения компромисса между количеством используемой априорной (по отношению к текущему шагу) информации с одной стороны, а с другой – эффективностью её влияния на поиск, поскольку увеличение количества используемой априорной информации требует дополнительных энергетических затрат. Это приводит к появлению процедур с использованием информации, полученной на ограниченном ряде шагов поиска, как правило, непосредственно предшествующих данному шагу.

При наличии единственной варьируемой характеристики, регулирующей критерий поиска (однофакторный поиск), открываются следующие возможности: изменение направления шага поиска и его интенсивности; использование инерциальности шагов поиска, т.е. учёта оценки (веса) значимости результатов предшествующих шагов в зависимости от их удаления от текущего шага поиска. Безынерциальный поиск предполагает значимость для текущего шага результата только предшествующего шага.

При наличии множества варьируемых характеристик (многофакторный поиск) ключевым моментом становится определение направления перемещения в области поиска, обеспечивающего повышение степени исчезновения потребности. Определение этого направления

при отсутствии априорной информации осуществимо только после выполнения совокупности шагов в различных направлениях.

На третьем слое открывается возможность указания количественной характеристики оценки (значения) критерия поиска и значений факторов, как влияющих на потребность, так и отвечающих характеристикам области поиска. Это позволяет повысить эффективность поиска и по числу шагов, и по снижению энергозатрат на каждый шаг. Использование возможности аппроксимации поведения критерия по результатам ранее выполненных шагов позволяет сократить число шагов поиска за счёт расчёта местоположения ситуации с наибольшей степенью исчезновения потребности.

При выполнении поиска по единственной варьируемой характеристике на третьем уровне открывается возможность минимизировать число требуемых шагов. В частности, процедуры, использующие числа Фибоначчи и их аналоги, например, числа «трибоначчи»; близкие к ним результаты по числу шагов даёт метод золотого сечения, который обеспечивает дополнительное повышение энергоэффективности поиска за счёт типизации шагов.

Для многофакторного поиска использование при определении направления шагов малой протяженности приводит к множественным аналогам градиентного метода, при большой протяженности шагов – к различным вариантам перемещения вершин многогранника (симплекс-процедуры или процедуры с деформируемыми многогранниками).

Многофакторный поиск открывает ряд дополнительных возможностей, связанных с комбинированием различных методов выполнения шагов поиска. Для пояснения достаточно привести два примера такого комбинирования.

*Первый пример:* а) на первом шаге поиска определяется направление действий, приводящее к увеличению степени исчезновения потребности и движение в этом направлении; б) продолжение движения в этом же направлении, пока не будет достигнута максимальная степень исчезновения потребности. В дальнейшем процесс поиска повторяется с шага а) от наилучшей точки предшествующего поиска. Частным вариантом первого примера является покоординатный метод поиска.

*Второй пример:* а) разбиение области поиска на подобласти, поведение потребности на каждой из которых обладает спецификой, упрощающей процедуру поиска в этой подобласти; б) опознание текущей ситуации (отнесение её к определённой подобласти); в) выполнение поиска в выделенной подобласти. При выходе в процессе поиска из этой области поиск снова начинается с этапа б). Этому примеру, в частности, отвечает известный метод координированного уравнивания [20].

Дальнейшее повышение эффективности поиска может быть достигнуто путём максимального использования априорной информации о поведении критерия в области поиска. Так, наличие информации о существовании единственной ситуации с допустимым значением критерия исключает необходимость отыскания множества ситуаций, конкурирующих друг с другом по степени исчезновения потребности. Наличие информации о монотонности поведения критерия в области позволяет перевести задачу поиска во всей области поиска в задачу поиска только по границе области, снизив при этом число независимо варьируемых факторов, а значит, повысив энергоэффективность поиска. Пример организации поиска по границам даёт метод линейного программирования. В связи со сказанным становится актуальной опосредствованная задача перевода поиска в область, в которой гарантированно имеет место монотонность степени исчезновения потребности, в частности, перевода в область с линейной зависимостью потребности от влияющих факторов (линеаризация).

Отдельно следует остановиться на особенностях поиска на дискретном множестве. Здесь возникают две возможности.

- Осуществление поиска на непрерывном множестве, частью которого является дискретное множество. В рамках этой возможности завершением каждого шага поиска или группы таких шагов является переход к ближайшей (по совокупности факторов или по расстоянию) из ранее не пройденных ситуаций дискретного множества. Определение ближайшей ситуации является отдельной задачей, решаемой или на основе априорной информации, или также путём выбора, но уже в окрестности результата поиска.
- Осуществление поиска исключительно на дискретном множестве. В этом случае каждый шаг осуществляется на основе априорной информации о характеристиках этого множества и связи между его элементами. Такой шаг не выводит результат за пределы дискретного множества. В качестве поясняющего примера следования по этому пути можно привести метод помехоустойчивого декодирования, основанный на поиске глобального оптимума на дискретном множестве [21].

В случае поиска при сложной потребности (многокритериальный поиск), образованной совокупностью независимых равнозначимых или разнозначимых потребностей необходимо решить дополнительную задачу нахождения допустимого компромисса между степенями исчезновения разных потребностей. При этом открываются следующие возможности: а) сведение сложной потребности к простой, формируемой за счёт придания весовой оценки каждой составляющей сложной потребности и указания способа их комбинирования в простую потребность; б) сравнение разных ситуаций по степени исчезновения каждой из составляющих сложной потребности и отсечение менее приемлемых ситуаций. В данном случае отличие состоит только в том, что каждый шаг поиска должен завершаться сопоставлением степеней исчезновения разных составляющих потребности. Если в результате шага все степени исчезновения одновременно возрастают, то шаг считается удачным и ситуация, отвечающая началу шага, исключается из дальнейшего рассмотрения. В противном случае поиск продолжается до тех пор, пока либо все возможные шаги поиска не будут исчерпаны, либо не будут достигнуты удовлетворительные степени исчезновения каждой составляющей или групп составляющих потребности. В результате такой процедуры формируется некоторое множество ситуаций, не имеющих друг перед другом преимуществ по всей совокупности составляющих сложной потребности. Выбор наиболее предпочтительной ситуации в этом варианте поиска остаётся за субъектом или осуществляется с учётом априори задаваемой весовой значимости каждой составляющей потребности. Характерным примером поиска по пути б) является широко используемый в экономике метод формирования множеств Парето, ориентированный на сокращение числа рассматриваемых альтернативных вариантов [22].

В случае, когда на область поиска наложены ограничения, открываются две возможности. Первая возможность состоит в прямом запрете на выход из области, осуществляемом либо путём задания закономерностей выполнения шагов, априори не выводящих результат шага за пределы области, либо путём проверки факта нахождения в области после каждого шага. Вторая возможность отвечает опосредствованному запрету, сводящемуся к наложению штрафных санкций на состояние потребности за факт такого выхода.

Классификация непосредственных методов поиска представлена на рисунке 6.

## Заключение

Предлагаемый путь выявления и систематизации видов задачи и методов их решения, исходящий из целостной картины видов единичных, видов задач и методов их решения, отвечает современному процессу интегрирования различных частных решений в единое целое.

Центральным моментом разрабатываемого направления является предложение в области деятельности опираться на понятие задачи, как таковой, и на методы её решения. Этот мо-

мент отвечает систематизации задач, исходя из общности методов их решения, что, в свою очередь, открывает новые горизонты конструктивного синтеза, основанные на разложении решаемой задачи по ключевым задачам и комбинировании методов их решения. Это позволяет рассматривать частные онтологии с единой точки зрения.

Известные из литературы результаты используются в основном для контроля правильности логических выводов, а также для того, чтобы отметить актуальность тех или иных выявленных крупных классов задач, определить направления дальнейших исследований.

Приведённые в статье результаты исследования в полной мере отвечают современному взгляду на научную картину мира в её постнеклассическом понимании [23].

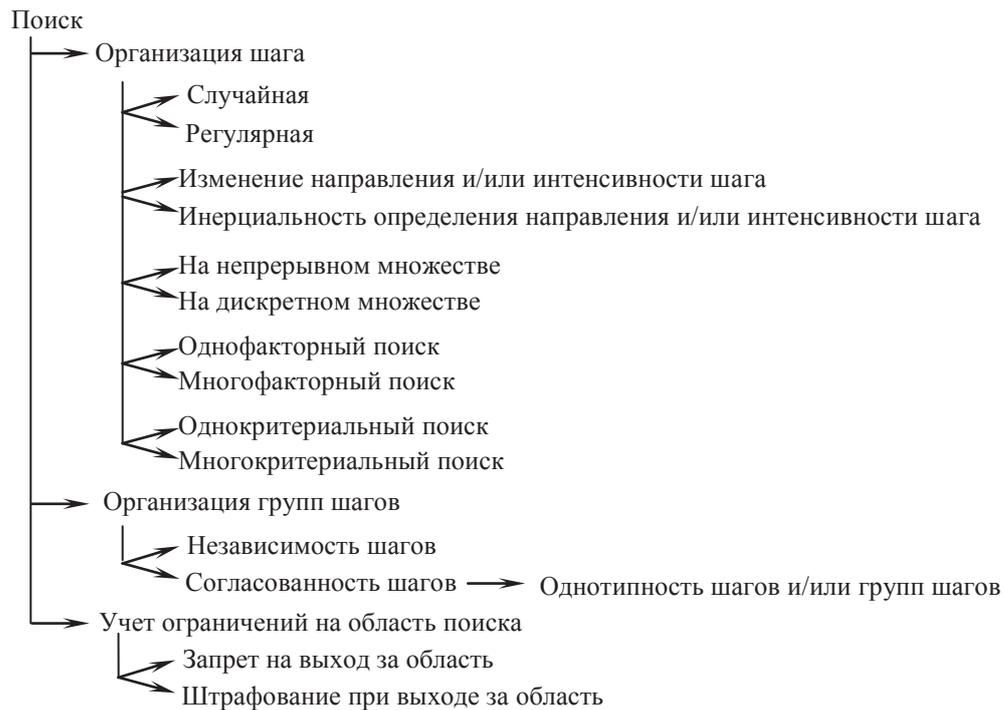


Рисунок 6 – Классификация независимых непосредственных методов поиска

Следование предложенному подходу позволит рассматривать совокупность понятий, относящихся, в частности, к онтологии проектирования, например отражённых в [24], как с позиций накопленного опыта, так и с точки зрения их происхождения. К сожалению, в известных работах (например, [25-28] и множестве других) не нашлось места попыткам отыскания логически прозрачных связей, позволяющих охватить эту картину целиком. Отсюда предлагаемый авторами девиз: «от онтологии Всеобщего, через онтологию задач и методов их решения к онтологиям предметных областей и их комбинаций».

Авторы надеются, что материал статьи явится стимулом к дискуссии и дальнейшим исследованиям, направленным на сведение в единое целое множественных предметных онтологий в различных областях знаний в рамках всеобщей трансдисциплинарной концепции.

## Список источников

- [1] *Князева, Е.Н.* Трансдисциплинарные стратегии исследований / Е.Н. Князева // Вестник Томского государственного педагогического института (ТГПИ). – 2011. – 10(112). – с.193-201.
- [2] *Лепский, В.Е.* Философия и методология управления в контексте развития научной рациональности / В.Е. Лепский // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – М. 2014 – с. 7785-7796.

- [3] **Новиков, А.М.** Методология. Изд. 2-е испр. / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. - М.: Красанд. – 2014. – 632 с.
- [4] **Белов, М.В.** Методология комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков. - М.: Ленанд. – 2017. – 320 с.
- [5] **Белов, М.В.** Основы теории комплексной деятельности. Ч. 1. Структуры комплексной деятельности. Неопределенность и порождение комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков // М. – Проблемы управления. 2018.- №4.- С. 36-45
- [6] **Белов, М.В.** Основы теории комплексной деятельности. Ч.2. Жизненные циклы комплексной деятельности. Организация и управление как комплексная деятельность / М.В. Белов, Д.А. Новиков // М. – Проблемы управления. 2018. №5. С.39-48.
- [7] **Алиев, Т.М.** Автоматическая коррекция погрешностей цифровых измерительных приборов / Алиев Т.М., Л.Р. Сейдель. Москва: Энергия. – 1975.
- [8] **Бромберг, Э.М.** Тестовые методы повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л.Куликовский // М. – Энергия. – 1978. – 222 с.
- [9] **Волгин, Л.И.** Топологические преобразования и синтез схем радиоэлектронных средств / Л.И. Волгин // Поволжский технологический институт сервиса. – Тольятти. – 2000. – 173 с
- [10] **Berman, A.F.** The Ontology Model for Automating the Solution of Multidisciplinary Research Tasks / A.F. Berman, O.A. Nikolaychuk, A.I. Pavlov // V-th International workshop "Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-based, Cloud Computing and Cyber Security" (IWCI 2018) <https://www.atlantispress.com/proceedings/iwci-18/25899792>.
- [11] **Кнеллер, В.Ю.** Общие методы преобразования величин: выявление и систематизация / В.Ю. Кнеллер, А.М. Фаянс // Датчики и системы. 2011. №11. – С. 64-75.
- [12] **Кнеллер, В.Ю.** О подходе к систематизации задач и методов их решения / В.Ю. Кнеллер, А.М. Фаянс // Труды XIII Всероссийского Совещания по проблемам управления (ВСПУ-2019), Россия, ИПУ РАН. Москва 17-20 июня 2019 г.
- [13] **Vladimir Yu. Kneller.** Solving interdisciplinary tasks: the challenge and the ways to surmount it / Vladimir Yu. Kneller, Alexander V. Fayans // Journal of Physics: Conference Series. Joint IMEKO TC1-TC7-TC13-TC18 Symposium 2–5 July 2019, St Petersburg, Russian Federation.
- [14] **Боргест, Н.М.** Границы онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №1(23). – С. 7-33. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [15] **Альтшуллер, Г.С.** Найти идею: Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач, 3-е изд. / Г.С. Альтшуллер // М.: Альпина Паблишер. – 2010. – с. 392.
- [16] **Кочергин, А.Н.** Методы и формы познания /А.Н. Кочергин // М. – Наука – 1990.
- [17] **Лотман, Ю.М.** Семiosфера / Ю. М. Лотман // СПб. – Искусство-СПБ. – 2010.
- [18] **Гудков, П.А.** Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие./ П. А. Гудков// Пенза. – Изд-во Пенз. гос. ун-та. – 2008. – 81 с.
- [19] **Поляк, Б.Т.** Введение в оптимизацию / Б.Т. Поляк // М. : Наука, 1983. - 384 с.
- [20] **Кнеллер, В.Ю.** Автоматические измерители комплексных величин с координированным уравниванием/ В.Ю. Кнеллер, Ю.Р. Агамалов, А.А. Десова // М.-Л. – Энергия. – 1975. – 168 с.
- [21] **Золотарев, В.В.** Теория кодирования как задача поиска глобального экстремума / В.В. Золотарев // М. – Горячая линия – Телеком. – 2018. – 221 с
- [22] **Подиновский, В.В.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский В.В., В.Д. Ногин // М. – Наука. – 1982.
- [23] **Афанасьева, В.В.** Постнеклассическая онтология / В.В. Афанасьева, Н.С. Анисимов // Вопросы философии. – 2015. – №8. – С. 28-41.
- [24] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. 3(9) – С. 97-31.
- [25] **Chandrasekaran, B.** Ontology of Tasks and Methods / B. Chandrasekaran, J. R. Josephson, V. Richard Benjamins // 1998. – <http://web.cse.ohio-state.edu/~chandrasekaran.1/Ontology-of-Tasks-Methods.PDF>.
- [26] **Ikeda, M.** Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models / M. Ikeda, K. Seta, O. Kakusho, R. Mizogushi // 1999. – <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/ikeda/ikeda-KAIS98.pdf>.
- [27] **Fensel, D.** Using Ontologies For Defining Tasks, Problem-Solving Methods and Their Mappings / D. Fensel, E. Motta, S. Decker, Z. Zdráhal // In book: Knowledge Acquisition, Modeling and Management (pp.113-128). – April 2006.
- [28] **Martins, A.F.** Models for Representing Task Ontologies / A.F. Martins, R.A. Falbo // 2008. – <http://ceur-ws.org/Vol-427/paper4.pdf>.

## Сведения об авторах



**Фаянс Александр Михайлович**, 1948 г. рождения. Окончил Московский физико-технический институт в 1972 г. Научный сотрудник Института проблем управления РАН. В списке научных трудов более 30 работ и изобретений в области измерительной техники и преобразования информации. Author ID (РИНЦ): 766983. Author ID (Scopus): 57006695900. [alfayans@mail.ru](mailto:alfayans@mail.ru).

**Кнеллер Владимир Юрьевич**, 1929 г. рождения, Окончил Харьковский политехнический институт в 1951 году. Главный научный сотрудник

Института проблем управления РАН, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии СССР. Автор 3 монографий, более 140 научных работ и изобретений в области измерительной техники, контроля и приборостроения. Author ID (РИНЦ): 2294. Author ID (Scopus): 6506635055. [vknelлер@ipu.ru](mailto:vknelлер@ipu.ru).



Поступила в редакцию 08.08.2020, после рецензирования 10.09.2020. Принята к публикации 17.09.2020.

## About the ontology of task types and methods of their solution

**A.M. Fayans, V.Yu. Kneller**

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

### Abstract

The article develops the version of the transdisciplinary approach proposed at the V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences focused on identifying and systematizing the types of tasks and methods for their solution. This approach starting from the task, as such, ascends inductively from the concept of the task through the concept of the single to the Universal, then allowing deductively identify and systematize the types of singles, establishing the place of tasks in this construction. The possibility of identifying and systematizing the types of tasks that are qualitatively different in methods of solution, based on the sources that generate these tasks, is considered. A procedure for identifying and systematizing key types of tasks is presented, on which any other tasks can be decomposed. In accordance with the decomposition procedure, the methods and properties of methods for solving key tasks determine the methods and properties of methods for solving tasks combined on their basis. The consistency of the proposed way of systematization with the known ontological constructions follows from the inductive-deductive procedure for tracing the sources of the foundations of concepts and provisions underlying various ontological constructions. This makes it possible to determine the place of the mentioned foundations in the formed integral picture of the types of singles, types of tasks and methods from the solution, and hence the place in this picture of the considered ontological constructions. Potential capabilities opened up on the way of further following the transdisciplinary approach are revealed; the directions of further research are indicated, allowing in the future to develop an extremely formalizable technology for the synthesis of methods for solving various problems.

**Key words:** *ontology, systematization, types of tasks, methods for solving tasks, purposeful activity, transdisciplinary approach.*

**Citation:** *Fayans AM, Kneller VYu. About the ontology of task types and methods of their solution [In Russian]. Ontology of designing. 2020; 10(3): 273-295. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.*

### List of figures

- Figure 1 - Systematization of prototypes types and tasks types at the highest level of generalization
- Figure 2 - Methods for solving the task, as such
- Figure 3 - Methods for direct solution of the problem as a whole
- Figure 4 - Methods for the transition to the conditioning task
- Figure 5 - Methods of modeling
- Figure 6 - Classification of independent direct search methods

## References

- [1] **Knyazeva EN.** Transdisciplinary research strategies [In Russian]. Bulletin of Tomsk State Pedagogical Institute (TSPI). 2011; 10(112): 193-201.
- [2] **Lepskiy VE.** Philosophy and methodology of control in the context of the development of scientific rationality [In Russian]. Proceedings of the XII All-Russian Conference on Control Problems. Moscow. 2014. P.7785-7796.
- [3] **Novikov AM, Novikov DA.** Methodology. Ed. 2nd rev. [In Russian]. Moscow. Krasand. 2014. 632 p.
- [4] **Belov MV, Novikov DA.** Methodology of Integrated activity [In Russian]. Moscow. Lenand. 2017. 320 p.
- [5] **Belov MV, Novikov DA.** Fundamentals of the theory of complex activity. P. 1. Complex activity structures. Uncertainty and the generation of complex activities [In Russian]. Moscow. *Control Sciencies*. 2018: 4: 36-45.
- [6] **Belov MV, Novikov DA.** Fundamentals of the theory of complex activity. P.2. Life Cycles of Complex Activities. Organization and control as a complex activity [In Russian]. Moscow. *Control Sciencies*. 2018: 5: 39-48.
- [7] **Aliiev TM, Seidel LR.** Automatic error correction of digital measuring devices [In Russian]. Moscow. Energiya. 1975.
- [8] **Bromberg EM, Kulikovskiy KL.** Test methods for improving measurement accuracy [In Russian]. Moscow. Energiya. 1978. 222 p.
- [9] **Volgin LI.** Topological transformations and synthesis of circuits of radio electronic facilities [In Russian]. Povolzhskiy Technological Institute of Service. Tolyatti. 2000. 173 p.
- [10] **Berman AF, Nikolaychuk OA, Pavlov AI.** The Ontology Model for Automating the Solution of Multidisciplinary Research Tasks. V-th International workshop "Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-based, Cloud Computing and Cyber Security" (IWCI 2018). <https://www.atlantispress.com/proceedings/iwci-18/25899792>.
- [11] **Kneller VYu, Fayans AM.** General methods of transformation of values: revealing and systematization [In Russian]. Sensors and systems. 2011; 11: 64-75.
- [12] **Kneller VYu, Fayans AM.** On the approach to the systematization of tasks and methods for solving them [In Russian]. Proceedings of the XIII All-Russian Conference on Control Problems (RCCP-2019), Russia, ISC RAS. Moscow 17-20 June 2019.
- [13] **Kneller VYu, Fayans AM.** Solving interdisciplinary tasks: the challenge and the ways to surmount it. Journal of Physics: Conference Series. Joint IMEKO TC1-TC7-TC13-TC18 Symposium 2–5 July 2019, St Petersburg, Russian Federation.
- [14] **Borgest NM.** Boundaries of the ontology of designing [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(1): 7-33. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [15] **Altshuller GS.** Finding an Idea: An Introduction to TITS - Theory of Inventive Tasks Solving, 3rd ed. [In Russian]. Moscow. Alpina Publisher. 2010. 392 p.
- [16] **Kochergin AN.** Methods and forms of perception [In Russian]. Moscow. Nauka. 1990.
- [17] **Lotman YuM.** Semiosphere [In Russian]. Sankt-Peterburg. Iskusstvo-SPB, 2010.
- [18] **Gudkov PA.** Benchmarking methods. Tutorial. [In Russian]. Penza. Penza State University Publishing House. 2008. 81 c.
- [19] **Polyak BT.** Introduction to Optimization [In Russian]. Moscow. Nauka, 1983. 384 p.
- [20] **Kneller VYu, Agamalov YuR, Desova AA.** Automatic complex meters with coordinated balancing [In Russian]. Moscow. Energiya. 1975. 168 p.
- [21] **Zolortyev VV.** Coding theory as a task of searching for a global extremum [In Russian]. Moscow. Goryachaya liniya Telecom. 2018. 221 p.
- [22] **Podinovskiy VV, Nogin VD.** Pareto-optimal solutions to multicriteria tasks [In Russian]. Moscow. Nauka. 1982
- [23] **Afanasieva VV, Anisimov NS.** Post-nonclassical ontology [In Russian]. *Philosophy Issues*. 2015; 8: 28-41.
- [24] **Borgest NM.** Key terms of ontology of designing: review, analysis, generalization [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 3(9): 97-31.
- [25] **Chandrasekaran B, Josephson JR.** Ontology of Tasks and Methods. 1998. <http://web.cse.ohio-state.edu/~chandrasekaran.1/Ontology-of-Tasks-Methods.PDF>.
- [26] **Ikeda M, Kazuhisa S, Kakusho O, Mizogushi R.** Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models. 1999. <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/ikeda/ikeda-KAIS98.pdf>.
- [27] **Fensel D, Motta E, Decker S, Zdráhal Z.** Using Ontologies For Defining Tasks, Problem-Solving Methods and Their Mappings. In book: Knowledge Acquisition, Modeling and Management (pp.113-128). April 2006.
- [28] **Martins AF, Falbo RA.** Models for Representing Task Ontologies. 2008. <http://ceur-ws.org/Vol-427/paper4.pdf>.

## About the authors

**Alexander Mikhailovich Fayans** (b. 1948) graduated from the Moscow Institute of Physics and Technology in 1972. Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Russia. He is the author and co-author of more than 30 publications and inventions in the field of measurement techniques and transformation information processes. AuthorID (RSCI): 766983. Author ID (Scopus): 57006695900. [alfayans@mail.ru](mailto:alfayans@mail.ru).

**Vladimir Yurievich Kneller** ( b. 1929), graduated from Kharkov Polytechnic Institute in 1951. Chief Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, USSR State Prize Laureate, Moscow. He is the author of 3 monographs, more than 140 scientific papers and inventions in the field of measurement techniques, control and instrumentation. AuthorID (RSCI): 2294. Author ID (Scopus): 6506635055. [vknellet@ipu.ru](mailto:vknellet@ipu.ru).

---

*Received August 08, 2020. Revised September 10, 2020. Accepted September 17, 2020.*

---